

# **Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: strojírenství  
Zaměření: výrobní systémy – řízení výroby

## **MĚŘENÍ DÍLŮ SKŘÍNĚ PŘEVODOVKY NA SOUŘADNICOVÉM STROJI ZEISS PRISMO 7 PRO FIRMU ŠKODA AUTO, A. S.**

**MEASUREMENT OF COMPONENTS OF GEARBOX HOUSING AT THE COORDINATE MEASURING MACHINE ZEISS PRISMO 7 FOR SKODA, A. S.**

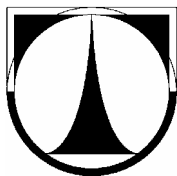
**KOM - 1137**

***Martina Voničková***

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
Konzultant: Ing. Jiří Karásek  
Roman Fröhlich (ŠKODA AUTO a. s.)

Počet stran: 49  
Počet příloh  
a tabulek: 2  
Počet obrázků: 29  
Počet modelů  
nebo jiných příloh: 2

28. května 2010



**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**Fakulta strojní**

Katedra obrábění a montáže

Studijní rok : 2009 / 2010

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Jméno a příjmení : **Martina V O N I Č K O V Á**

Studijní program : B2341 Strojírenství

Studijní obor a zaměření : 2301R030 Výrobní systémy  
- řízení výroby

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

### **Měření dílů skříně převodovky na souřadnicovém stroji ZEISS PRISMO 7 pro firmu ŠKODA AUTO a.s.**

#### **Zásady pro vypracování:**

(uved'te hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Úvod - problematika měření na souřadnicovém stroji.
2. Způsoby měření skříně převodovky.
3. Měření dílů skříně převodovky na souřadnicovém stroji.
4. Zpracování dosažených výsledků.
5. Shrnutí a zhodnocení dosažených výsledků.

Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva : 30 - 40 stran textu

- grafické práce : obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu) :

1. NENÁHLO, Č. Měření vybraných geometrických veličin. Praha: Česká metrologická společnost, 2005.
2. DRASTÍK, F. Přesnost strojních součástí podle mezinárodních norem : Tolerování rozměrů a geometrických vlastností. Ostrava : Montanex, 1996, 271 s. ISBN 80-85780-18-6.
3. DRÁB, V., MOC, L. Teorie spolehlivosti a řízení jakosti. Liberec: TUL, 1992, 350 s. ISBN 80-7083-098-0.
4. MLČOCH, L., SLIMÁK, I. Řízení kvality a strojírenská metrologie. Praha: SNTL, 1987, 330 s.
5. LEINVEBER, J., VÁVRA, P. Strojnické tabulky. Úvaly : Albra, 2008, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
6. Školící manuál firmy ZEISS.

Vedoucí bakalářské práce : Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jiří Karásek  
Roman Fröhlich (ŠKODA AUTO a.s.)

L.S.

Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.  
děkan

V Liberci, dne 26.2.2010

## **ANOTACE**

Označení DP (BP): 1137

Řešitel: *Martina Voničková*

### **MĚŘENÍ DÍLŮ SKŘÍNĚ PŘEVODOVKY NA SOUŘADNICOVÉM STROJI ZEISS PRISMO 7 PRO FIRMU ŠKODA AUTO, A. S.**

#### **ANOTACE:**

Práce shrnuje informace o souřadnicových měřicích strojích ZEISS PRISMO 7 – o způsobu měření, jejich konstrukci, způsobu ovládání, používaném měřicím softwaru UMESS. Zabývá se řešením problému překračování horních a dolních tolerančních mezí poloh otvorů pro startér na skříní spojky.

### **MEASUREMENT OF COMPONENTS OF GEARBOX HOUSING AT THE COORDINATE MEASURING MACHINE ZEISS PRISMO 7 FOR SKODA, A. S.**

#### **ANNOTATION:**

The work summarizes information on coordinate-measuring machines ZEISS PRISMO 7 related to the method of measurement, their construction, way of control and software UMESS used for measuring. It concerns the solution to the problem of exceeding the lower and upper tolerances of positions of holes for mounting the starter on the clutch housing.

Klíčová slova: SOUŘADNICOVÝ MĚŘICÍ STROJ, SKŘÍŇ SPOJKY

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2010

Archivní označ. zprávy:

Počet stran:	49
Počet příloh:	2
Počet obrázků:	29
Počet tabulek:	2
Počet diagramů:	8

### **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou/diplomovou práci se plně vzta-huje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autor-ských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom po-vinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požado-vat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

28. května 2010

Martina Voničková

## **Poděkování**

Na úvod této práce bych chtěla samozřejmě poděkovat všem, kteří se jakýmkoli způsobem podíleli svými radami a připomínkami na dosažení výsledků této práce a umožnili tak její zdárné dokončení. Mezi tyto osoby patří konzultant bakalářské práce Roman Fröhlich, dále pak Vladimír Adamec, Emil Odler a Naděžda Šulcová, jejichž rady mi pomohly lépe se zorientovat v principu měření na souřadnicových strojích. Mezi další osoby, kterým bych chtěla poděkovat patří Jaroslav Tlášek a Vratislav Bím, kteří mi udíleli cenné rady v oblasti výroby skříně spojky. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Karáskovi.

## Obsah

1. Úvod .....	8
2. Historie Škoda Auto, a. s. ....	8
2. 1. 1895 – 1905: Od velocipédu k automobilu .....	8
2. 2. 1906 – 1918: Největší automobilka monarchie.....	9
2. 3. 1919 – 1925: Pod křídla Škody .....	9
2. 4. 1926 – 1936: Největší automobilka v Československu .....	10
2. 5. 1937 – 1948: Dramatická léta.....	10
2. 6. 1949 – 1959: Octavia .....	11
2. 7. 1955 – 1964: Novým směrem .....	11
2. 8. 1965 – 1975: Stále s motorem vzadu.....	12
2. 9. 1976 – 1982: Trnitá cesta ke změně .....	12
2. 10. 1983 – 1991: Pod křídla VW.....	13
2. 11. 1992 – 2004: Do světové extraligy .....	13
2. 12. 2005 – současnost .....	14
3. Souřadnicové měřicí stroje .....	15
3. 1. Úvod do problematiky souřadnicových měřicích strojů.....	15
3. 2. Portálový měřicí stroj ZEISS PRISMO 7.....	15
3. 2. 1. Konstrukce .....	15
3. 2. 2. Řízení: ISC (Intelligent Scanning Controller).....	16
3. 2. 3. Ovládání.....	16
3. 2. 4. Vyhodnocování odchylek .....	17
3. 3. Měření na souřadnicových měřicích strojích se standardním softwarem UMESS .....	18
3. 3. 1. Kalibrace snímačů.....	19
3. 3. 2. Početní vyrovnání .....	21

3. 3. 3. Geometrické elementy .....	23
3. 3. 4. Tolerance rozměru, úchylek tvaru a polohy .....	26
3. 3. 5. CNC průběh .....	27
3. 3. 6. Provoz s otočným stolem .....	27
4. Pětistupňová převodovka 02T .....	28
4. 1. Charakteristika .....	28
4. 2. Modulová konstrukce .....	29
4. 3. Konstrukce převodovky .....	31
4. 4. Skříň .....	32
4. 5. Výroba skříně převodovky a spojky .....	33
4.6. Měření skříně převodovky a spojky .....	34
4. 6. 1. Měření na měrovém centru v hutích .....	34
4. 6. 2. Měření na měrovém středisku v hale M6 .....	34
5. Problematika předlévaných otvorů pro startér na skříní spojky .....	35
5. 1. Měření otvorů pro startér na skříní spojky .....	35
5. 2. Problém dodržování správné polohy otvoru pro startér na skříní spojky .....	40
5. 2. 1. Původní stav .....	41
5. 2. 2. Navrhovaný stav .....	42
5. 2. 3. Zhodnocení .....	44
Seznam použité literatury .....	49
Seznam příloh .....	49



---

## **1. Úvod**

Zadání této bakalářské práce jsem získala ve firmě Škoda Auto, a. s., po mé dvouleté praxi na oddělení řízení kvality – GQH. Bakalářská práce byla vypracována na oddělení měrového střediska – GQH/4, které se zabývá měřením dílů motoru, převodovky a náprav, tvorbou měřících programů, kalibrací a evidencí měřidel a statistickou regulací kvality.

## **2. Historie Škoda Auto, a. s.**

### **2. 1. 1895 – 1905: Od velocipédu k automobilu**

Roku 1895 začali knihkupec Václav Klement a mechanik Václav Laurin v pronajaté dílně opravovat a záhy i vyrábět jízdní kola Slavia. Výroba a prodej se brzy rozšířily tak, že v roce 1898 postavili oba podnikatelé vlastní malou továrnu. Na podzim roku 1899 představili svoji Slavii, první skutečný motocykl. V polovině roku 1900 jich prodali 150 Londýnské firmě Heweson.

Nejlepší reklamou byly závody. Kde se motocykly L&K Slavia objevily, tam vítězily. Na konci roku 1905 stál v dílnách nový výrobek. Malý vozík označený jako typ A zahájil novou kapitolu ve vývoji firmy.



*Obr. 1 Voiturette A*

---

## 2. 2. 1906 – 1918: Největší automobilka monarchie

Oficiální premiéra automobilu se odehrála na pražském autosalonu v dubnu 1906. V květnu přišel na trh čtyřsedadlový typ B, v prosinci se rozjel čtyřválec typ E a v roce 1907 se po ose vypravil na pařížský autosalon osmiválcový pětilitrový typ FF. Zakázky od domácích zájemců i z celého světa se jen hrnuly. Laurinky jezdily na Novém Zélandu, v Japonsku, v Rusku, v Německu, v Anglii, mexické pošty objednaly motocykly L&K s přívěsným vozíkem. Pro Černou Horu zkonstruovali sérii automobilů s krátkým rozvorem motorem pod podlahou, které dokázaly vyšplhat do strmých hor nad mořem.

V roce 1907 se oba zakladatelé rozhodli firmu přeměnit na akciovou společnost.

Tajemství úspěchu se skrývalo mimo jiné i v účasti na závodech a soutěžích.

Kromě osobních automobilů nejrůznějších kategorií vyráběla firma L&K autobusy, nákladní vozy, motorové pluhy a stacionární motory.

Zlom nastal v létě roku 1914 vyhlášením první světové války. Nadále odsud vyjížděly už jen vojenské sanitky a nákladní vozy, ostatní kapacity naplnila zbrojní výroba.

## 2. 3. 1919 – 1925: Pod křídla Škody

Po válce se mezinárodní trhy změnily, staré vztahy se zpřetrhaly. Situaci zachránily motorové pluhy L&K Excelsior. Dobře šly na odbyt autobusy, řadu jich zakoupila československá pošta, která tehdy provozovala i osobní přepravu. Díky státní zakázce se v Mladé Boleslavi začaly vyrábět i licenční letecké dvanáctiválce Lorraine-Dietrich.

Hlavní výrobní program, jímž byly osobní automobily, stagnoval. Typy S a M byly určeny zámožným zákazníkům. Po požáru roku 1924 se Laurin a Klement rozhodli prodat firmu největšímu československému strojírenskému koncernu, plzeňské Škodě. K převodu došlo v roce 1925. Škoda zakoupila i licenci na luxusní šestilitrové šestiválce Hispano Suiza.

---

---

## **2. 4. 1926 – 1936: Největší automobilka v Československu**

V Mladé Boleslavi přistoupili k zásadní modernizaci výroby a unifikaci, aby se automobil zlevnil a stal se dostupnějším. Konstrukční oddělení přišlo v roce 1928 se čtyřválcem 4R a šestiválcem 6R. Tyto vozy však prodej výrazně nezvedly.

V roce 1930 přeměnili továrnu na Akciovou společnost pro automobilový průmysl (ASAP), stoprocentně vlastněnou plzeňskou Škodou.

Rok 1933 byl pro Škodu zlomem. Na trh uvedla typ 420 Standard. Revoluční změna se skrývala pod karoserií. Teď spočívala na lehkém tuhém centrálním rámu, vpředu rozvidleném pro motor. Předností bylo podstatné snížení nároků na odolnost karoserie vůči namáhání. Ve výsledku to přineslo velkou úsporu hmotnosti. Vylepšeným následovníkem byla Škoda 418 Popular.

## **2. 5. 1937 – 1948: Dramatická léta**

V Mladé Boleslavi našli díky popularu recept na úspěšný automobil. Po něm přišly modely Rapid, Favorit a nakonec Superb, vozy shodné koncepce s centrálním rámem, pohonem zadních kol, motory s rozvodem ventilů SV i OHV a všemi nezávisle zavěšenými koly.

Za okupace zavedli v automobilce válečnou výrobu, vznikaly zde například speciální tahače RSO pro ruskou frontu. 9. května 1945 přiletělo nad Mladou Boleslav devět letounů a zasypalo město bombami. Největší škody utrpěla automobilka, kterou poškodil i následný požár.

Už 24. června však vyjel z brány první vůz postavený v míru. Prožité období války však otevřelo cestu k centrálnímu plánování. Znárodnění velkých podniků a direktivní řízení průmyslu potlačilo zdravé soutěžení a konkurenci. Z ASAPu se v roce 1946 staly Automobilové závody národní podnik – AZNP.

Rezortní ministerstvo povolilo vyrábět jen novou Škodu 1101. V únoru 1948 se dostali k absolutní moci komunisté a v Československu nastalo na více než čtyřicet let zatmění.

---

## 2. 6. 1949 – 1959: Octavia

Výroba se rozšířila i do dvou přičleněných závodů. Dvoudveřové čtyřsedadlové Škody 1101 se pak vyráběly v Mladé Boleslavi, roadstery v Kvasinkách a sanitní vozy ve Vrchlabí. Následoval typ 1102. V roce 1952 jej nahradil sedan Škoda 1200. V roce 1951 do Mladé Boleslavi na čas přesunuli výrobu osobního vozu Tatra 600 a terénního vozu Tatra 805.

Roku 1955 vznikla Škoda 440, která měla s předchozím typem Š 1102 takřka 80% společných dílů. Jejím derivátem byl sportovní roadster 2+2 Škoda 450. V roce 1959 přestavovali přední nápravu, která dostala vinuté pružiny a tlumiče. Byla to osmá modifikace původního popularu, proto se název změnil na Škoda Octavia. Z roadsteru Š 450 se pak stala Škoda Felicia. Třetí variantou byla Škoda Octavia Combi z roku 1961.



*Obr. 2 Škoda Octavia*

## 2. 7. 1955 – 1964: Novým směrem

Roku 1964 se představil vůz Škoda 1000 MB, sedan s ocelovou samonosnou karoserií, s motorem vzadu a pohonem zadních kol. Byl ve své třídě srovnatelný s nejlepšími evropskými konkurenty.

Nová automobilka se pro Škodu 1000 MB začala stavět v roce 1960 a po dokončení v roce 1964 patřila k nejmodernějším v Evropě. Koncepce s motorem vzadu nedovoluje prakticky žádné varianty karoserie, nejvýše sportovní kupé, ale nikoli kombi či pick-up. Také proto zůstávala ve výrobním programu Octavia Combi.

---

## 2. 8. 1965 – 1975: Stále s motorem vzadu

Škoda 1000 MB prošla v roce 1966 malou modernizací, o rok později přišla na trh Škoda 100 MB. Roku 1968 se dostal do výroby užitkový vůz Š 1203.

V roce 1969 prošla karoserie sedanu faceliftem, po němž se vůz objevil jako Škoda 100, respektive 110.

Koncem roku 1970 se začala v Kvasinách vyrábět dvoudveřová líbivá Škoda 110 R Coupé.

V AZNP Mladá Boleslav se také stavěly vozy Formule 3. V roce 1975 vznikl na bázi Škody 110 R Coupé závodní vůz Škoda 130 RS. Ve své době to byl nejúspěšnější evropský sportovní automobil ve třídě do 1300 cm<sup>3</sup>. O rok později to potvrdila i verze stotřicítka pro soutěže.



*Obr. 3 Škoda 100*

## 2. 9. 1976 – 1982: Trnitá cesta ke změně

Od roku 1971 vznikala v AZNP výraznou modernizací nový vůz. Škodu 105/120 představili v září 1976. Dostala prostornější karoserii, kvalitní antikorozi ochranu, větší zavazadlový prostor, útulnější interiér, avšak prakticky stejný, vzadu umístěný motor.

V průběhu let automobilka vůz vylepšovala. Dostal hřebenové řízení, vlečenou zadní nápravu, pětistupňovou převodovku, menší třináctipalcová kola, ubylo chromu a přibýlo plastů, zvýšil se objem motoru. Užité vlastnosti se ale prakticky nezměnily. Od roku 1976 se dalších téměř 15 let vyráběly různé modifikace ve stejném duchu: Škoda 105, Škoda 120, Škoda 125, Škoda 130, Škoda 135 a Škoda 136.

Roku 1981 nahradilo předchozí Škodu 110 R Coupé, dvoudveřové Coupé z Kvasin, Škoda Garde.

---

## 2. 10. 1983 – 1991: Pod křídla VW

V druhé polovině roku 1982 vzniklo usnesení předsednictva vlády, které stanovilo, že do 30. června 1985 musí být ukončen vývoj nového vozu Škoda a v roce 1987 se musí začít vyrábět.

To, co se dělo v Mladé Boleslavi do března 1983 do června 1985, nemělo pamětníka. Konečně se rýsoval smysluplný úkol. Nový typ dostal líbivou karoserii, kterou navrhl italský stylista Nuccio Bertone, výrazně modernizovaný celohliníkový motor uložený vpředu a pohon předních kol. Kromě základního hatchbacku navrhl Bertone i kombi. Ve stanoveném termínu vznikl vůz plně srovnatelný s kterýmkoli konkurentem ve své třídě. Vůz dostal staronový název Favorit.

V listopadu 1989 padl komunismus a o automobilku se začala ucházet řada mezinárodních koncernů. Volba vlády padla na Volkswagen, smlouva byla podepsána 28. března 1991. Automobilka dostala název Škoda, automobilová akciová společnost.



Obr. 4 Škoda Favorit

## 2. 11. 1992 – 2004: Do světové extraligy

Začátkem ledna 1994 získala Škoda certifikát kvality výroby motorů a dalších agregátů podle normy ISO 9002. V srpnu téhož roku byl uveden model Felicia, od základu přepracovaný favorit. V polovině února 1995 byl položen základní kámen závodu na výrobu připravovaného nového vozu nižší střední třídy. Hned vedle se začala stavět hala nové lakovny, obdobně se modernizovaly provozy ve Vrchlabí.

V roce 1995 bylo otevřeno tovární muzeum.

V dubnu 1996 byla představena Škoda Octavia.

---

V lednu 1998 dostala automobilka nový název Škoda Auto, akciová společnost. Díky obratu 58,9 mld. korun se stala největším průmyslovým podnikem v České republice.

V lednu 1998 začaly terénní práce pro stavbu nové svařovny. V květnu se začal budovat Škoda Parts Center, sklad originálních náhradních dílů. V listopadu se začalo stavět vzorové zákaznické centrum. Rovněž v listopadu se začala stavět hala pro výrobu motorů a převodovek s roční kapacitou půl milionu hnacích jednotek. V dubnu 1999 bylo otevřeno nové konstrukční centrum.

V září 1999 byla na autosalonu ve Frankfurtu představena Škoda Fabia. Během krátké doby si zákazníci mohli vybrat z velké řady motorů, čtyřválců i tříválců, vznětových i zážehových. Fabia WRC pro soutěžní mistrovství světa se představila v roce 2003.

V roce 2000 se koncern Volkswagen stal stoprocentním vlastníkem mladoboleslavské automobilky. K fabii a octavii přibyl v roce 2001 vůz vyšší střední třídy, model Superb. Vznikla i druhá generace Škody Octavia.

## 2. 12. 2005 – současnost

Škoda Auto je dnes silnou respektovanou společností, již si váží partneři z průmyslu i finančního světa. Jak se chce Škoda udržet na vrcholu? Kvalitou, zvyšováním produkce, rozšířením nabídky a chytrou komunikační strategií. Automobilka si vytypovala perspektivní trhy: Rusko, Čínu, Indii a Afriku.

V současné době vyrábí Škoda Auto 5 modelových řad: Škodu Octavii, Octavii Tour, Fabii, Superb, Roomster a Yeti. Díky vozu Škoda Fabia S 2000 zastává Škoda Auto důležité místo i v motoristických sportech.



Obr. 5 Škoda Fabia S

---

### **3. Souřadnicové měřicí stroje**

#### **3. 1. Úvod do problematiky souřadnicových měřicích strojů**

Souřadnicové měřicí stroje představují jednu z nejvýznamnějších inovací v oblasti měření ve strojírenství.

Konstrukce souřadnicových měřicích strojů byla vynucena potřebou měření karoserií v automobilovém a leteckém průmyslu a potřebou měření u NC strojů ve strojírenské výrobě.

Princip souřadnicového měření spočívá v tom, že stanovíme základní bod v prostoru a polohy dalších bodů na měřené součásti měříme formou souřadnicových rozměrů v osách X, Y, Z. Možnost určení základního bodu v kterémkoli místě pracovního prostoru měřicího stroje je velkou výhodou oproti konvenčním metodám.

Souřadnicový měřicí stroj kontroluje výrobky podobným způsobem jako je NC stroj vyrábí. Pracuje rychle – měřicí časy redukuje asi o 80%.

Souřadnicový měřicí stroj je zařízení, které má svoji vlastní průměrnou desku doplněnou měřicím mechanismem. Měřicí mechanismus je vždy vybaven dotykem, který „ohmatává“ kontrolovanou součást a jehož polohu je možno identifikovat buď opticky nebo na číslicovém ukazateli. Souřadné osy souřadného měřicího stroje jsou navzájem kolmé a současně kolmé a rovnoběžné s průměrnou deskou.

Souřadnicových měřicích strojů je více druhů a mohou být uspořádány podle potřeby do skupin na základě různých hledisek.

#### **3. 2. Portálový měřicí stroj ZEISS PRISMO 7**

##### **3. 2. 1. Konstrukce**

Všechny mechanické díly byly vyrobeny s vysokou přesností, dynamikou a odolností proti vnějším vlivům. Proto je PRISMO 7 rychlý, přesný a je možno ho nasadit ve výrobním procesu.



Jedná se o portálový měřicí stroj s pevně uloženým měřicím strojem. Měřicí stůl je vyrobený z žuly podle DIN 876 s obrobenou měřicí plochou. Je zde izolované obložení stolu s odkládací plochou. Vysokotuhostní odlehčený portál je vyroben s tepelně necitlivou kombinací materiálů (slinuté karbidy a keramika). Všechny osy se 4-stranným vzduchovým uložením jsou od firmy Carl Zeiss. Zeiss vzduchové ložisko má vysokou dynamickou tuhost. Všechny osy jsou s vysokodynamickým třecím pohonem se současně vysokým bezpečnostním standardem díky automatickému hlídání pohonu. Na stroji je plně zakrytá X- a Y-osa. Je zde počítačově podporovaná korekce všech 21 odchylek komponentů os a statická a dynamická korekce ohybu pro vyšší přesnost a rychlost měření. Teplotně stabilní měřicí tyče jsou ze skelné keramiky od firmy Carl Zeiss. Stroj obsahuje patentovanou teplotně neutrální objímku měřicí tyče a vysoce účinné vibrační tlumení díky elastomer/viskózním podpěrným elementům. Počítač kompenzuje teplotní roztažnosti materiálu vzorku.

### **3. 2. 2. Řízení: ISC (Intelligent Scanning Controller)**

Řídicí technika se vyznačuje vysokou spolehlivostí a optimálními vlastnostmi.

Jedná se o PC řízení s vysoce integrovanou řídicí technikou. Servis je nenáročný díky modulárnímu designu. Řízení podporuje ovládací a scannovací senzory od firmy Zeiss a jiných výrobců. Ke kontrole dotykové síly pro měřicí hlavy VAST slouží „Active Scanning“. Celosvětově jedinečné řízení s aktivními a pasivními scannovacími algoritmy. Díky schopnosti upgrade-firmware je možnost vybavení a přizpůsobení na budoucí požadavky. Ochranná třída IP54 pro řízení v oddělených řídicích skříních. Umožňuje hlídání odstředivé síly k redukci odchylek při vysokých měřicích rychlostech.

### **3. 2. 3. Ovládání**

K ovládání slouží standardní ovládací pult pro manuální řízení přes řídicí páku z měřicího místa vzdáleného od počítače. K řízení rychlosti CNC provozu se používá Overdrive.

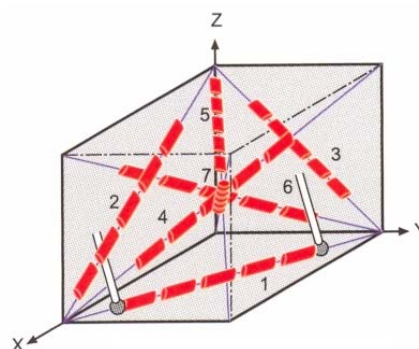
### 3. 2. 4. Vyhodnocování odchylek

MPE = Maximum Permissible Error

Podle DIN EN ISO 10360 je každá specifikace přesnosti označovaná jako MPE. Udává mezní hodnotu, která nesmí být u zjišťované měřicí úlohy překročena odchylkou měření. Měřená úloha je označena indexem.  $MPE_E$  označuje například odchylku měřené délky a  $MPE_P$  odchylku dotyku.

#### $MPE_E$ – mezní hodnota odchylky měřené délky

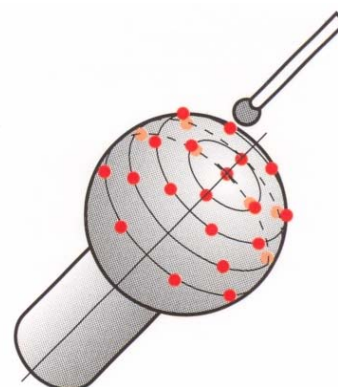
K určení odchylky měřené délky jsou měřeny cejchované konečné rozměry nebo kroky konečných rozměrů. Vždy je zjišťováno 5 různých délek v 7 libovolných pozicích v měřicím objemu přístroje. Každá délka je měřena třikrát. Zjištěné hodnoty jsou porovnávány s kalibrovanými hodnotami. Při tom nesmí odchylka překročit specifikaci. Specifikace je většinou udávána jako závislost na délce ve formě  $MPE_E = A + L/K$ . Při tom  $L$  označuje měřenou délku. Občas se také nachází výraz  $MPE_E = A + F \cdot L/K$ , který se musí pro porovnání s předem jmenovanou specifikací přepočítat. Tak jsou údaje  $MPE_E = 2,5 + 1,5 \cdot L/333$  a  $MPE_E = 2,5 + L/220$  stejné.



Obr. 6  $MPE_E$

#### $MPE_P$ – mezní hodnota odchylky dotyku

K určení odchylky dotyku se na doporučená místa přikládá koule o průměru 10 – 50 mm se zanedbatelnou chybou tvaru na 25 doporučených míst podle ISO 10360-2. Z naměřených hodnot je vypočtena tzv. Gaussova vyrovnávací koule. Rozptyl radiálních vzdáleností od vyrovnávací koule nesmí překročit specifikaci.

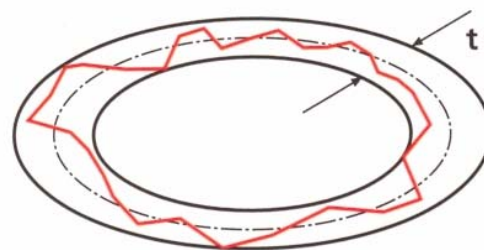


Obr. 7  $MPE_P$

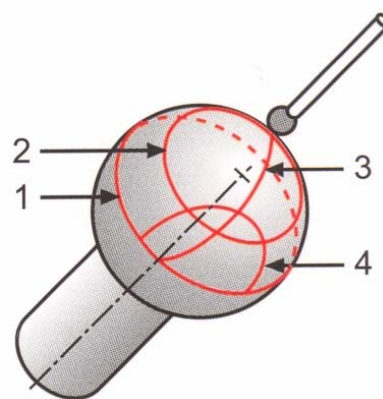
**$MPE_{RONt (MZCI)}$  – mezní hodnota odchyly měřeného tvaru**

Parametry k měření kruhovitosti jsou definované v DIN ISO 12181.

K měření se měří kalibrační kroužek o průměru 50 mm se zanedbatelnou chybou tvaru a s vysokou hustotou bodů. Z naměřených hodnot je vypočten tzv. Cebysevův kruh ( $MZCI$  = Minimum Zone Circle). Tvarová odchyłka se získá jako rozpětí radiálních odstupů v tomto kruhu. Nesmí překročit specifikaci.

*Obr. 8  $MPE_{RONt (MZCI)}$*  **$MPE_{THP}$  a  $MPE_{\tau}$  – mezní hodnota scannované odchyly dotyku**

K určení scannované odchyly dotyku se používá koule o průměru 25 mm se zanedbatelnou chybou tvaru ve čtyřech podle ISO 10360-4 stanovených scannovaných dráhách. Při porovnávání naměřených hodnot se specifikací  $MPE_{THP}$  jsou splněny dvě podmínky:

*Obr. 9  $MPE_{THP}$  a  $MPE_{\tau}$* 

Zaprvé nesmí rozpětí vzdáleností jednotlivých bodů radiálních odstupů od vyrovnávací koule překročit specifikaci (odpovídá  $MPE_P$ ). Zadruhé nesmí odchyłka mezi radiálními odstupy a kalibrovaným průměrem koule být větší než specifikace. Zároveň je doporučeno zadat čas  $\tau$  pro test, protože rychlost měření má nezanedbatelný vliv na výsledek přesnosti.

Spolu se zadáním přesnosti a času je specifikace scannovací odchyly dotyku důležitý faktor produktivity souřadnicových měřicích strojů.

**3. 3. Měření na souřadnicových měřicích strojích se standardním softwarem****UMESS**

Tento obsáhlý program pro měření pravidelných geometrických elementů poskytuje tyto možnosti:

- 
- kalibrace snímačů,
  - početní vyrovnaní měřených objektů,
  - měření všech standardních geometrických elementů snímáním jednotlivých bodů, samostředícím snímáním, scanningem,
  - matematické zachycení elementů, které nelze snímat, pomocí konstrukcí elementů,
  - zpětné vyvolání již změřených elementů i s transformací do nových souřadných systémů pro další vyhodnocení a konstrukce (spojování),
  - vyhodnocení všech tolerancí tvaru a polohy,
  - flexibilní úprava protokolu,
  - CNC-programování průběhu měření,
  - použití otočného stolu jako čtvrté osy.

U všech souřadnicových měřicích strojů musí být přesně definován nulový bod souřadného systému stroje. Najetím do referenčního neboli nulového bodu stroje je nulový bod souřadného systému stroje přiřazen mechanické koncové poloze jednotlivých os. Kromě toho lze natočit připojený otočný stůl do referenční polohy.

### 3. 3. 1. Kalibrace snímačů

Měřená součást se musí většinou snímat z několika stran. K tomuto účelu se používají přesazené uspořádané snímače. Tyto snímače je třeba před zahájením měření „určit“ (toto určení se nazývá kalibrace). Provádí se snímání kalibrační koule.

Počítač potom určí uspořádání snímacích kuliček a jejich poloměr a při všech měřeních je zahrnuje.

Pro kalibraci snímačů je potřebný kalibrační etalon. Je to velmi přesná koule, která je upevněna na stojanu, aby se dala snímat ze všech stran, počítač zná její přesný průměr. Kalibrační etalon je již ve výrobním závodě pevně přiřazen k danému měřicímu stroji.

---

---

**Existují tři druhy kalibrace snímačů:**

Manuelní (všechny body jsou snímány ručně)

- použitelná pro všechny snímače
- možná nepřesnost způsobená chybnými snímáními
- časově náročná

Poloautomatická (první bod pro každý snímač se snímá ručně. Zbývající snímání určí počítač)

- vysoká přesnost díky přesným snímáním
- úspora času oproti manuální kalibraci
- nelze použít pro všechny snímače

Tenzorová kalibrace ohybu pro kulový snímač

- přesná kalibrace snímačů, které se používají pro scannování
- eliminace ohybu dřívku

Ruční kalibraci je možné provádět vždy. Je ovšem výhodné snímat co možná nejčastěji poloautomaticky a ručně kalibrovat jen problematické snímače. Je-li třeba určitou konfiguraci kalibrovat častěji, např. vzhledem k větším výkyvům teploty, může se celý průběh naprogramovat v CNC.

Při kalibraci snímačů se zjistí nejen poloměry snímacích kuliček, ale i prostorové vzdálenosti všech snímačů ke vztažnému snímači. Tyto vzdálenosti se mění při změnách teploty. Z tohoto důvodu platí data kombinace snímačů jen pro vymezený rozsah teploty. Jestliže se teplota snímačů změní a je potom mimo tento rozsah, musí se kalibrace provést znovu.

Velikost přípustného rozsahu teploty  $T_{přip}$  závisí na:

- maximální přípustné odchylce snímačů  $A_T$
- délce snímačů  $l$
- materiálu snímačů, koeficientu roztažnosti  $\alpha$

Tato veličina se pak vypočítá pomocí vzorce  $T_{přip} = A_T / (l \cdot \alpha)$

---

### 3. 3. 2. Početní vyrovnání

#### Rozlišují se tři souřadné systémy:

Souřadný systém stroje

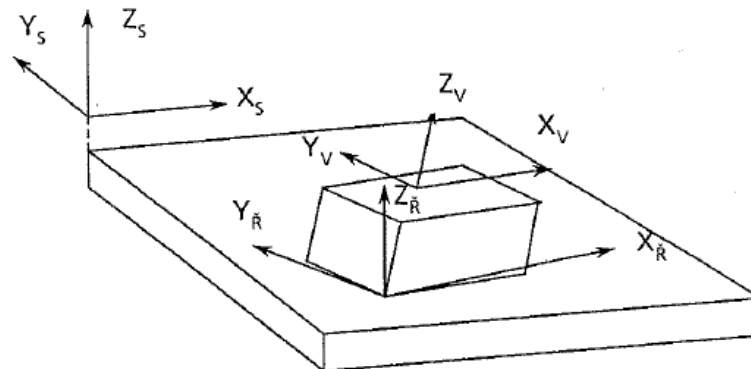
- souřadnice  $X_S, Y_S, Z_S$
- je představován mechanickou konstrukcí stroje
- nemůže být změněn

Souřadný systém měřené součásti (výrobku)

- souřadnice  $X_V, Y_V, Z_V$
- slouží k tvoření měřených hodnot
- může být podle požadavků výkresu libovolně otáčen a přesouván

Řídící souřadný systém

- souřadnice  $X_R, Y_R, Z_R$
- slouží při automatickém průběhu měření jako základ pro pojezdy snímání
- je vytvářen z libovolného souřadného systému výrobku vyvoláním



Obr. 10 Souřadné systémy

#### Vyrovnání měřené součásti rovnoběžně se souřadnicemi stroje

Měřená součást může být na desce stolu souřadnicového měřicího stroje upnuta v naklopené a natočené poloze. Před začátkem měření musí být tudíž definována poloha součásti k osám měřicího stroje. To se provádí pomocí početního

vyrovnání. Měřená součást se početně naklápí a natáčí tak dlouho, dokud neprobíhají geometrické elementy rovnoběžně s osami stroje.

Transformace v prostoru – stanovení „hlavního směru“ (poslední element v protokolu je početně naklápěn tak, aby byl rovnoběžně s jednou osou stroje. Tato osa se stane prostorovou osou.

Transformace v rovině – stanovení „vedlejšího směru“ (poslední element v měřicím protokolu je početně otáčen kolem osy otáčení, aby byl rovnoběžný s jednou osou stroje).

Transformace s volitelnými souřadnými osami – má-li se převzít orientace výrobku z výkresu jako souřadný systém

### **Rovnoběžné posunutí souřadného systému výrobku**

Důležité jsou tyto funkce:

- vynulování elementu – tato funkce umožňuje umístit počátek souřadného systému výrobku do určitého geometrického elementu
- vynulování souřadnice – tato funkce umožňuje nastavit jednu souřadnici posledního elementu v protokolu na nulu
- přesunutí nulového bodu o určitou hodnotu – tato funkce umožňuje přemístit počátek souřadného systému ve všech třech směrech libovolně do polohy, která může být snímána.
- posunutí nulového bodu do teoretické vztažné roviny – tato funkce umožňuje umístění počátku souřadného systému výrobku do teoretické vztažné roviny

### **Otáčení souřadného systému výrobku**

Důležité jsou tyto funkce:

- volba prostorové osy – pomocí této funkce je možné stanovit libovolnou osu souřadného systému výrobku jako prostorovou osu. Možnost použití je

například pokud se má souřadnicový systém výrobku otáčet okolo osy, která není prostorovou osou.

- otáčení kolem nulového bodu do jednoho elementu – souřadnicový systém výrobku je otočen kolem nulového bodu tak, aby jedna souřadnicová osa procházela elementem, který je poslední v měřícím protokolu. Použití je možné například pro rotačně symetrické díly a opakované vyrovnání.
- natočení o úhel – tato funkce umožňuje otočit souřadný systém výrobku o určitý úhel okolo prostorové osy.
- definice režimu pro vztažnou osu souřadného systému výrobku – vztažná osa souřadného systému výrobku se změní, když se dosáhne úhlu otáčení  $\pm 45^\circ$ . Pomocí této funkce lze v případě potřeby změnu vztažné osy potlačit.
- otáčení na referenční hodnotu – tato funkce umožňuje otáčet souřadný systém výrobku tak, aby jedna souřadnice měřeného elementu nabyla definované hodnoty.

### 3. 3. 3. Geometrické elementy

Výsledky měření se v programu UMESS uvádějí ve formě určitých geometrických elementů. S výjimkou elementu **Bod** musí být všechny geometrické elementy vyvolány před snímáním. Potom musí být element zachycen pomocí snímání. Pro různé elementy platí určitá pravidla.

**Bod** - UMESS nabízí dvě možnosti zachycení bodů:

- bez předchozího vyvolání programu – jestliže se snímání provádějí bez předchozího vyvolání programu, uvádí se v protokolu měření jako výsledek **Bod**. Výsledek nemá žádný vliv na název.
- vyvolání funkce – vyvolání funkce umožňuje změnu navrhovaného standardního názvu pro následné snímání bodu. Jestliže se v rámci funkce snímá více bodů, přebírá se pouze poslední.



**Kružnice** - pomocí manuálního a poloautomatického programu lze zachycovat otvory a hřídele, jejichž osy mají zanedbatelnou úchylku rovnoběžnosti vzhledem k souřadnému systému výrobku. Program automaticky rozlišuje vnitřní a vnější průměry. Je možné provádět snímání různými snímači, pokud mají přibližně stejný poloměr. Snímače musí být přiřazeny stejné kombinaci.

#### VAST scanning kružnice

Na rozdíl do snímání jednotlivých bodů umožňuje technika scanningu VAST rychlé měření velkého množství bodů v jediném průběhu scanningu. Podle požadované strategie měření se může optimalizovat přesnost měření nebo jeho rychlost.

**Elipsa** - pomocí tohoto programu lze zachytit geometrické elementy, jejichž osy neprobíhají rovnoběžně se souřadným systémem výrobku. Je vhodný zejména k určení směru geometrických elementů.

**Přímka** - tento program měření proloží zachycenými body vyrovnávací přímku.

Možnosti použití:

- pro definici souřadného systému výrobku
- určení směru V-drážky pomocí samostředícího snímání
- výpočet úhlu otáčení, když je velká úchylka tvaru snímané plochy
- výpočet osy ze středů kružnic ležících za sebou

**Plocha** - při manuálním měření plochy se vypočte plocha z následně snímaných bodů.

#### VAST scanning plochy

Plochy, které jsou značně členěné nebo přerušované, se dají snadno zachytit scanningem VAST.

Snímáním jednotlivých geometrických elementů se definuje poloha a pořadí bodů, kružnic a přímek. Ty dohromady dávají dráhu scanningu snímače.

---

Jinou možností je určit dráhu scanningu pomocí souřadnic výrobku jednotlivých po sobě následujících geometrických elementů. V tomto případě se směr snímání odvozuje od předvoleného snímače. Přiřazení čísla snímače musí odpovídat zadání na ovládacím panelu.

**Válec** - program vypočte poloměr a polohu otvorů a hřídelů

**Kužel** - program vypočte polohu a tvar vnitřních nebo vnějších kuželů.

**Anuloid (torus)** - tento program vypočte tvar a polohu torusu.

**Koule** - tento program vypočte průměr a střed koule, kulového vrchlíku nebo kulového pásu.

**Kruhový segment** - u kružnic, ze kterých se mají snímat jen výseče, lze úchytky tvaru a polohy spolehlivě určit pomocí programu kruhový segment. Mohou se zadat teoretické jmenovité hodnoty, které počítač bere jako pevnou hodnotu pro měřený segment.

**Prostorová kružnice** - pomocí tohoto programu se mohou měřit kružnice a radiusy, které jsou nakloněné v prostoru.

**Teoretický element** - na technických výkresech jsou někdy požadovány řezy nebo jiné konstrukce s teoretickými rovinami nebo kružnicemi. V rámci určitého geometrického elementu je možné zvolit příslušný teoretický element.

**Makro pro rovinnost** - na plochu se umístí mřížka. Pro body mřížky se vypočte plocha a rovinnost.

---

### 3. 3. 4. Tolerance rozměru, úchylek tvaru a polohy

#### Rozměrové tolerance

Zadáním jmenovitých rozměrů se provádí porovnání jmenovitých a skutečně změřených hodnot.

V protokolu měření se uvádí stupeň využití tolerance respektive překročení tolerance.

#### Tolerance úchylek tvaru

Tolerance úchylek tvaru vymezují odchylku tvaru od jeho ideálního geometrického tvaru. Pro výpočet úchylek tvaru je třeba snímat geometrické elementy pomocí velkého počtu bodů. Z extrémních hodnot MIN a MAX se určí skutečná odchylka.

Přímost – pomocí této funkce je možné kontrolovat přímost přímek, os válce a kužele.

Rovinnost – tato funkce vypočte čistou tvarovou odchylku rovinnosti plochy. Zjišťuje se vzdálenost dvou rovin, které jsou rovnoběžné s připasovanou plochou a zahrnují mezi sebou všechny měřené body.

Kruhovitost – funkce vypočte polární vzdálenosti (poloměry) od středu připasované kružnice k nejbližšímu a k nejvzdálenějšímu snímanému bodu. Rozdíl těchto dvou poloměrů je úchylka kruhovitosti kružnice.

Válcovitost – program vypočte polární vzdálenost připasovaného válce k nejbližšímu a k nejvzdálenějšímu snímanému bodu. Rozdíl obou poloměrů je úchylka tvaru válce.

#### Tolerance úchylek polohy

Při výpočtu úchylky polohy se určuje prostorová poloha měřeného elementu k vztaženému elementu.

Rovnoběžnost – program slouží pro určení rovnoběžnosti ploch a os (osa válce, kužele atd.).

Sklon – program kontroluje vzájemný sklon os a ploch.

Kolmost s MMC – pro kontrolu kolmosti os a ploch v libovolné vzájemné kombinaci.

Poloha s MMC – pro kontrolu polohy geometrických elementů.

Symetrie – pro kontrolu polohy měřeného elementu ke vztažné středové rovině.

Házení – pomocí tolerancí házení se kontrolují elementy rotačně symetrických dílů.

Vždy ve směru šipky se kontroluje, zda plochy pláště válce, kužele nebo čelní lochy vykazují odchylky, které by byly dány otáčením kolem vztažné osy.

Soustřednost s MMC – tento program určuje přesunutí středu kružnice vzhledem k vztaženému bodu.

Souosost s MMC – tento program určuje přesunutí osy vzhledem k vztažné ose.

### **3. 3. 5. CNC průběh**

V CNC průběhu měření měří souřadnicový měřicí stroj automaticky pomocí předem sestaveného CNC programu. Počítač provádí chronologicky řídící data vytvořená při programování. Při tom vznikají povely výpočtů a posuvu, které přesně odpovídají naprogramovanému průběhu.

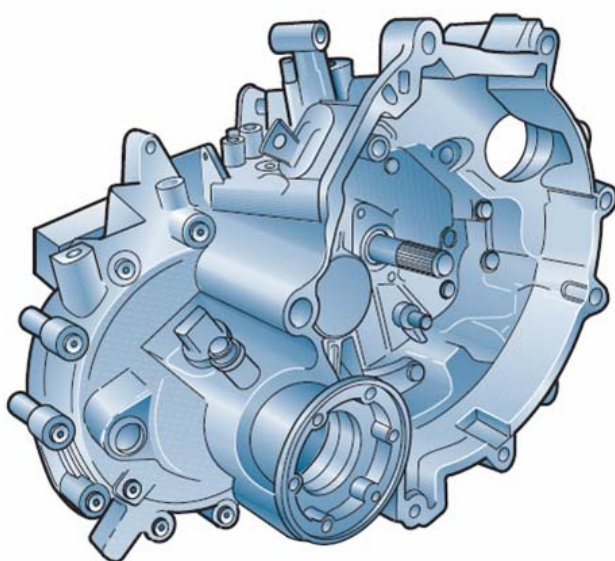
### **3. 3. 6. Provoz s otočným stolem**

Při měření s použitím otočného stolu řízeného počítačem je nejprve potřeba připravit otočný stůl tak, aby upínací plocha otočného stolu byla zhruba ve směru jedné osy měřicího stroje. Poté je potřeba otočný stůl polohovat použitím levé řídící páky nebo počítačovým povelům. Určí se osa otočného stolu a může se přejít k měření.

#### **4. Pětistupňová převodovka 02T**

Převodovky slouží ke změně (zpravidla zvětšování) přenášeného točivého momentu a jeho dlouhodobému přerušení („neutrál“) i při změně jeho smyslu (zpětný chod – couvání). Dosahuje toho převody, tj. ústrojím, které je stupňovitě nebo plynule umožňuje změnu rychlostního poměru

##### **4. 1. Charakteristika**



*Obr. 11 Převodovka 02T*

Své uplatnění nachází mechanická pětistupňová převodovka MQ200/02T nejprve ve vozech Fabia. Jedná se o mimořádně lehkou převodovku řady MQ200 se dvěma hřídeli. Tato převodovka může přenášet krouticí momenty až do 200 Nm. Podle výkonu motoru je možno optimálně odstupňovat jednotlivé převody.

Díky množství různých variant mezi převodovými poměry kol jednotlivých rychlostí a variantami převodů mezi pastorkem rozvodovky a nápravou je možno vždy nalézt optimální kompromis mezi sportovní a úspornou konstrukcí převodovky.

Řazení je lankové. Ovládání spojky hydraulické.

---

Při vývoji převodovky byly sledovány především tyto cíle:

- snadné a přesné řazení
- optimální účinnost
- co nejmenší hmotnost
- modulová konstrukce
- možnost použít jednotné lankové řazení

Převodovku je možno použít ve spojení s motory různého druhu i výkonu.

Počet různých variant umožňuje optimální využití krotícího momentu motoru v příslušných jízdních stavech.

Při stejnosměrné jízdě na 5. převodový stupeň se dosahuje nejnižší spotřeby paliva.

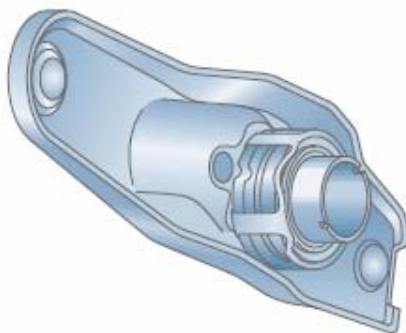
#### **4. 2. Modulová konstrukce**

Jednotlivé montážní skupiny byly vytvořeny jako moduly. Modulové provedení zjednodušuje montáž jak při výrobě, tak i v oblasti servisních služeb.

Montážní celky jsou:

##### **Vypínací páka spojky**

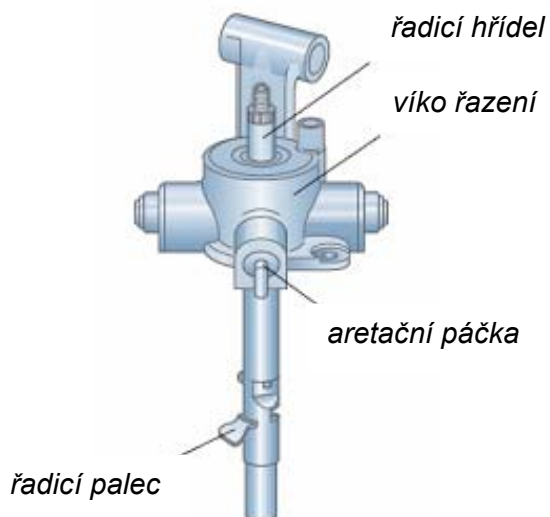
Tento modul v sobě zahrnuje vypínací páku, vypínací ložisko a vodící pouzdro.



*Obr. 12 Vypínací páka spojky*

### Řadicí hřídel s víkem řazení

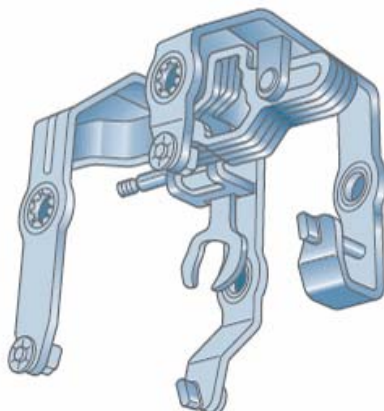
V tomto modulu se nacházejí všechny dorazy, pera a vodící prvky řazení. Je na něm umístěna i aretační páčka.



Obr. 13 Řadicí hřídel s víkem řazení

### Vnitřní řazení

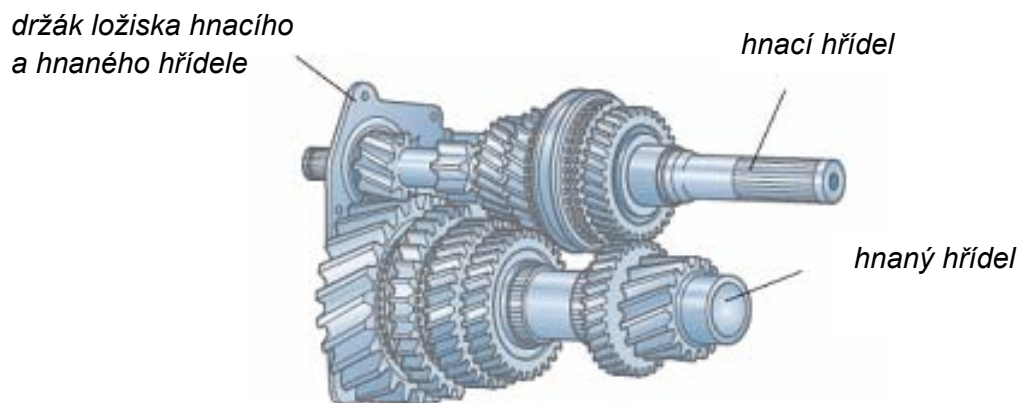
s řadicími vidličkami, pákami řazení a uložením



Obr. 14 Vnitřní řazení

### Držák ložiska hnacího a hnaného hřídele

s oběma kuličkovými ložisky a namontovaným hnacím a hnaným hřídelem. Obě kuličková ložiska nejsou nalisována do skříňe převodovky, nýbrž jsou nedílnou součástí samostatného dílu – držáku ložisek.



Obr. 15 Držák ložiska hnacího a hnaného hřídele

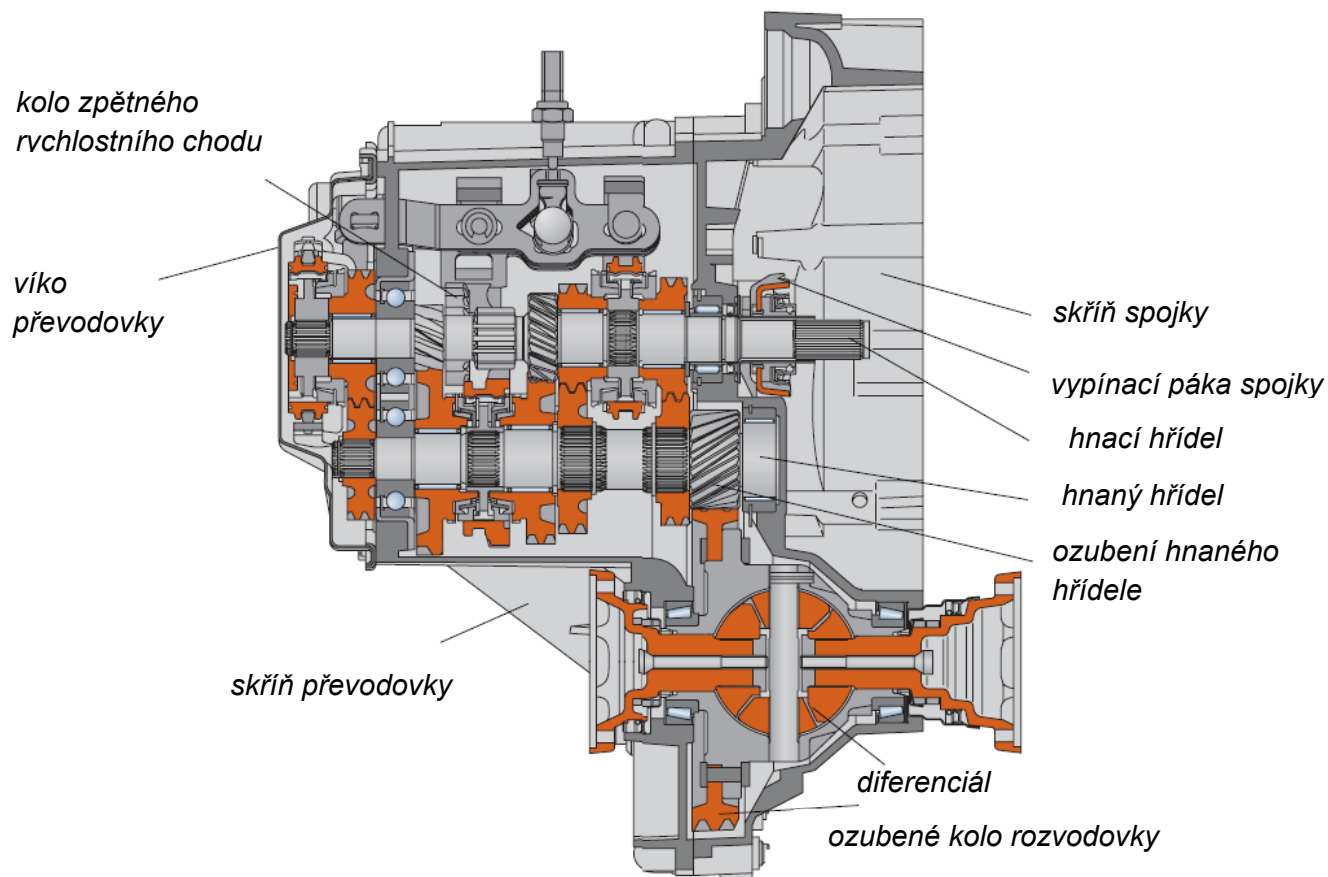
## 4. 3. Konstrukce převodovky

Převodovka 02T se skládá ze dvou hlavních hřídelů a hřídele, na kterém je kolo zpětného chodu. Aby se hmotnost hnacího i hnaného hřídele snížila, je v jejich ose vyvrtaná slepá díra. Ozubená kola na hnacím a hnaném hřídeli jsou se šikmým ozubením a jsou v trvalém záběru. Kola všech rychlostních stupňů jsou uložena na jehlových ložiskách, což zaručuje tichý chod. Kolo zpětného chodu má ozubení s přímými zuby. Řazená kola 1. a 2. rychlostního stupně jsou na hnaném hřídeli a řazená kola 3., 4. a 5. rychlostního stupně jsou na hnacím hřídeli. Pro couvání dojde k zařazení kola zpětného chodu mezi hnací a hnaný hřídel. Tím se změní směr otáčení hnacího hřídele.

Všechny dopředné rychlostní stupně jsou synchronizované. Rychlostní stupně 1 a 2 mají synchronizaci dvojnásobnou.



Krouticí moment se přenáší přes ozubení hnaného hřídele na ozubené kolo rozvodovky a tím na diferenciál.



Obr. 16 Konstrukce převodovky

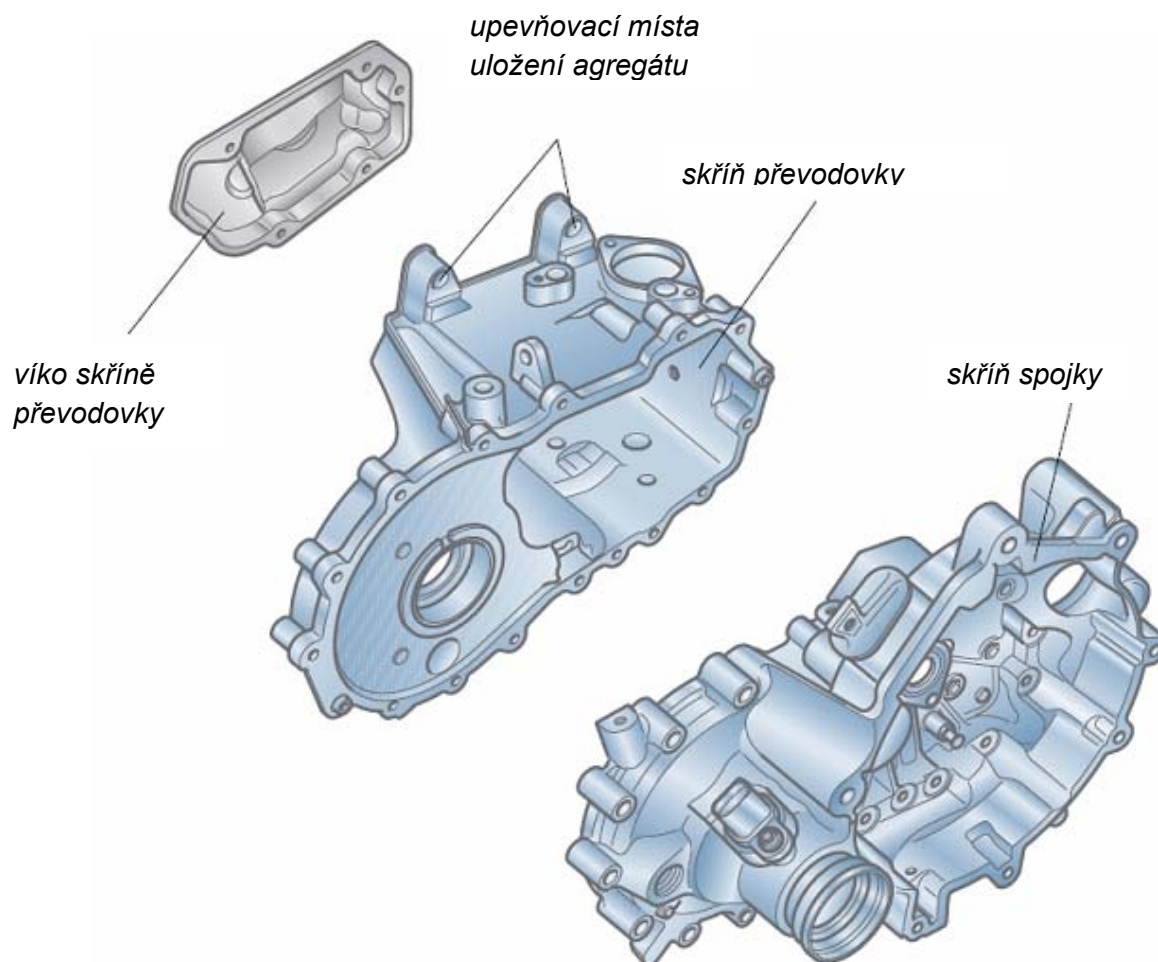
#### 4. 4. Skříň

Skříň je zhotovena z hliníkové nebo z hořčíkové slitiny a je tvořena dvěma částmi – skříní převodovky a skříní spojky.

Směrem ven je skříň uzavřena víkem. Na vrchní části skříně jsou umístěna upevňovací místa pro konzolu uložení agregátu a ve spodní části body pro připevnění kyvné vzpěry.

V Mladé Boleslavi se skříň zhotovuje z hliníkové slitiny. Ve srovnání s hořčíkovou slitinou se hliníková vyznačuje větší hustotou a tím i větší pevností.

Proto nebyla potřeba výroba skříně se silnějším žebrováním a větší tloušťkou stěn. Oproti hořčíkové verzi se však zvýšila hmotnost o 2,5 kg.



Obr. 17 Skříň

#### 4. 5. Výroba skříně převodovky a spojky

Materiál na výrobu se získává od dodavatele ve tvaru tzv. housek.

Vlastní výroba začíná v hutích tlakovým litím. Do tavicí pece se vkládají housky a vratný materiál v poměru zhruba 1:1. Vratného materiálu nesmí být více než 55%. Je tvořen zmetky, odpadovým materiálem, přetoky, které vznikly při výrobě.

Roztavená hliníková slitina se z tavicí pece přelévá do pánví a z nich se přelévá do udržovací pece, která je součástí vstřikovacího stroje. Udržovací pec

udržuje taveninu při správné teplotě a dává ji do vstřikovacího stroje. Vstřikovací stroj se skládá z dvoudílné formy. Jedna část formy je pevná a druhá pohyblivá. Pohyblivá část se sevře, naplní se plnicí válcová komora a pod tlakem se tavenina vstříkne do formy. Provoz je automatizovaný. Robot vyjme odlitek z formy, zchladí ho ve vodě a odstraní vtoky a přetoky. Odlitek se poté zavěsí na závěsy a dojde k jeho natryskání, čímž se odstraní jemné otřepy. Poté se namátkově provádí rentgenové zkoušky, které mají odhalit vnitřní neviditelné vady. Na rozdíl od rentgenování bloku motoru, který se při této zkoušce musí rozřezat, se skříň převodovky a skříň spojky mohou rentgenovat vcelku.

Z hutí jde takto připravená skříň převodovky a spojky k zákazníkovi. Množství skříní putuje také na linku přímo ve firmě, kde dochází k jejich opracování na čisto.

#### **4.6. Měření skříně převodovky a spojky**

##### **4. 6. 1. Měření na měrovém centru v hutích**

Měření surového odlitku se provádí pro kontrolu, která zabraňuje vzniku zmetku vlivem opotřeбенých forem. Dále se kontrolují velikosti přídavků, polohy jader a kontrolu dalších rozměrů. Pracovník má k dispozici model zhotovený v systému CAD a porovnává tento model s odlitkem. V této fázi se také navrhují přípravky pro co nejvhodnější upnutí měřené součásti na stůl měřicího stroje, toto upnutí potom zůstává pro všechny cykly měření stejné.

##### **4. 6. 2. Měření na měrovém středisku v hale M6**

Kontrola na měrovém středisku se provádí mezi jednotlivými operacemi výroby. V každé směně se proměří 14 dílů skříně převodovky a 11 dílů skříně spojky. Jedná se o kontrolu, která je daná technologickým postupem. Zabraňuje vysoké zmetkovitosti vlivem opotřeбенých obráběcích strojů, poruch strojů nebo jejich špatného seřízení.

## **5. Problematika předlévaných otvorů pro startér na skříní spojky**

### **5. 1. Měření otvorů pro startér na skříní spojky**

Pro měření otvorů pro startér byl použit souřadnicový stroj ZEISS PRISMO 7, jehož měřicí rozsah je v ose X 900 mm, v ose Y 1500 mm a v ose Z 700 mm. Nejistota měření tohoto stroje v jedné ose je  $1,3 \mu\text{m}$  na délce 400 mm ( $U_1 = 1,3 + L / 400$ ) a v prostoru  $1,7 \mu\text{m}$  na délce 350 mm ( $U_3 = 1,7 + L / 350$ ).



*Obr. 18 Pracoviště*

Na přeměření celé skříně spojky se používají dvě konfigurace doteků.

111 – k měření otvorů a ploch

113 – k měření zápichů



*Obr. 19 Konfigurace doteků 111*



*Obr. 20 Konfigurace doteků 113*

K měření otvorů pro startér nám tedy postačí konfigurace 111. Nejprve je potřeba dotečky kalibrovat. Na kalibraci doteků je vytvořen program. V tomto případě byla použita tenzorová kalibrace ohybu pro kulový snímač. Normál (velmi přesná keramická koule) se šroubem upne na desku stroje a zaměří se jeho poloha vztažným snímačem. Tím se zaměří poloha normálu. Pak se o zaměřený normál začne kalibrovat snímač. Na normál se najede ve směru dříku. První sejmutí bodu provede obsluha stroje, zbytek kalibrace provede již program sám. Celkem při kalibraci sejme 24 bodů.

*Obr. 21 Normál**Obr. 22 Vztažný snímač**Obr. 23 Zaměření normálu  
vztažným snímačem*

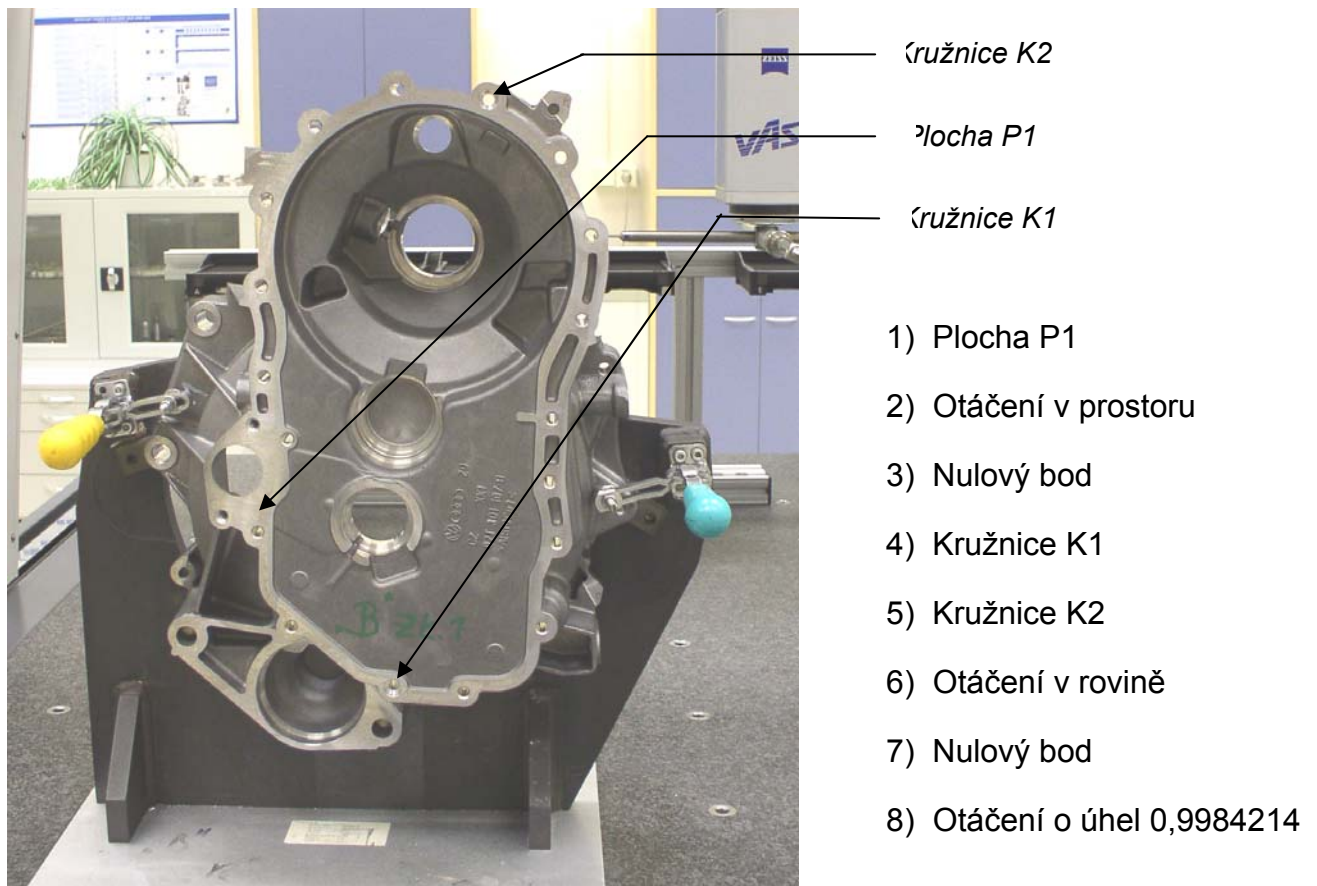
Před samotným měřením je potřeba měřený díl nejprve vyčistit (stlačeným vzduchem, případně textilií) a vytemperovat. To znamená, že měřený díl musí mít teplotu shodnou s teplotou okolí. Tím se zajistí jeho teplotní stálost během měření. V průběhu měření by neměla změna teploty překročit 1°C za hodinu.

Poté upneme měřený díl do speciálního přípravku. Přípravek musí být zkonstruován tak, aby nedeformoval měřený díl. Vyroben je z konstrukční oceli.

*Obr. 24 Přípravek*

Pomocí teplotních čidel změříme teplotu dílu. Výsledky měření si pak program přepočítává na měření při teplotě 20°C.

Při prvotním měření dílu provedeme jeho vyrovnaní, viz obrázek.



Obr. 25 Vyrovnávání skříňě spojky

Po vyrovnaní je již vše připraveno k samotnému měření, které provádí program. Po ukončení měření se program zastaví a obsluha překontroluje měřicí protokol. Poté je možno kompletní protokol vytisknout.



## Měřicí protokol otvorů pro startér

<

Tab. 1 Měřicí protokol otvorů pro startér

11 silne se vych. hodnota s odch. vetsi 3 \* 0.0040 ve vyrob. vymazana  
22 silne se vych. hodnota s odch. vetsi 3 \* 0.0040 mimo vyrob. vymazana  
body s filtrem 2-RC filtrovany s delkou meznich vln = 2.50000

20 FLAECHE  
Y 0.0160  
Z/Y W1 -0.0025  
X/Y W2 -0.0004  
4997P S/MIN/MAX .0039 (3159) -.0111 (2611) .0114

23 DREHEN RAUM  
W .1935

24 NULLPUNKT  
Y 0.0160

25 KREIS I RUECKRUF ( 8) MIT TRANSFORMATION  
Z 0.0001  
X 0.0000  
D 11.9102  
S .0017 FORM .0042

26 NULLPUNKT  
Z 0.0001  
X 0.0000

27 KREIS I RUECKRUF ( 10) MIT TRANSFORMATION  
Z -383.1988  
X -67.4066  
D 11.9067  
S .0022 FORM .0058

28 DREHEN (0P+1) UM RAUM-ACHSE Y  
W 9.9766

29 NACHDREHEN UM RAUM-ACHSE Y  
W .9984

*Druhé vyrovnaní*

1 silne se vych. hodnota s odch. vetsi 3 \* 0.0015 ve vyrob. vymazana  
65 silne se vych. hodnota s odch. vetsi 3 \* 0.0015 mimo vyrob. vymazana  
Body filtrovany podle ISO TC/57 s 50 vlnami na otacku

60 KREIS I  
Z -278.9924  
X -22.3540  
D 46.9756  
2B0/408 47.0000 -0.0120 -0.0280 -0.0244 ---  
612P S/MIN/MAX .0005 (61) -.0030 (1) .0011

*Kružnice – otvor pro ložisko na skříní spojky*

71 NULLPUNKT  
Z -278.9924  
X -22.3540

*Vložení nulového bodu do kružnice – otvoru pro ložisko*

=== A2S2 ===

150 KREIS I  
3B08/411 Z -156.8786 156.8900 0.1500 -0.1500 -0.0114 -  
3B08/410 X 25.4678 25.3900 0.1500 -0.1500 0.0778 +++  
3B08/412 D 13.2184 13.0000 0.5000 0.0000 0.2184 -  
4P S/MIN/MAX .0025 (1) -.0013 (3) .0013

*Grafické znázornění  
tolerance*

=== A2S2 ===

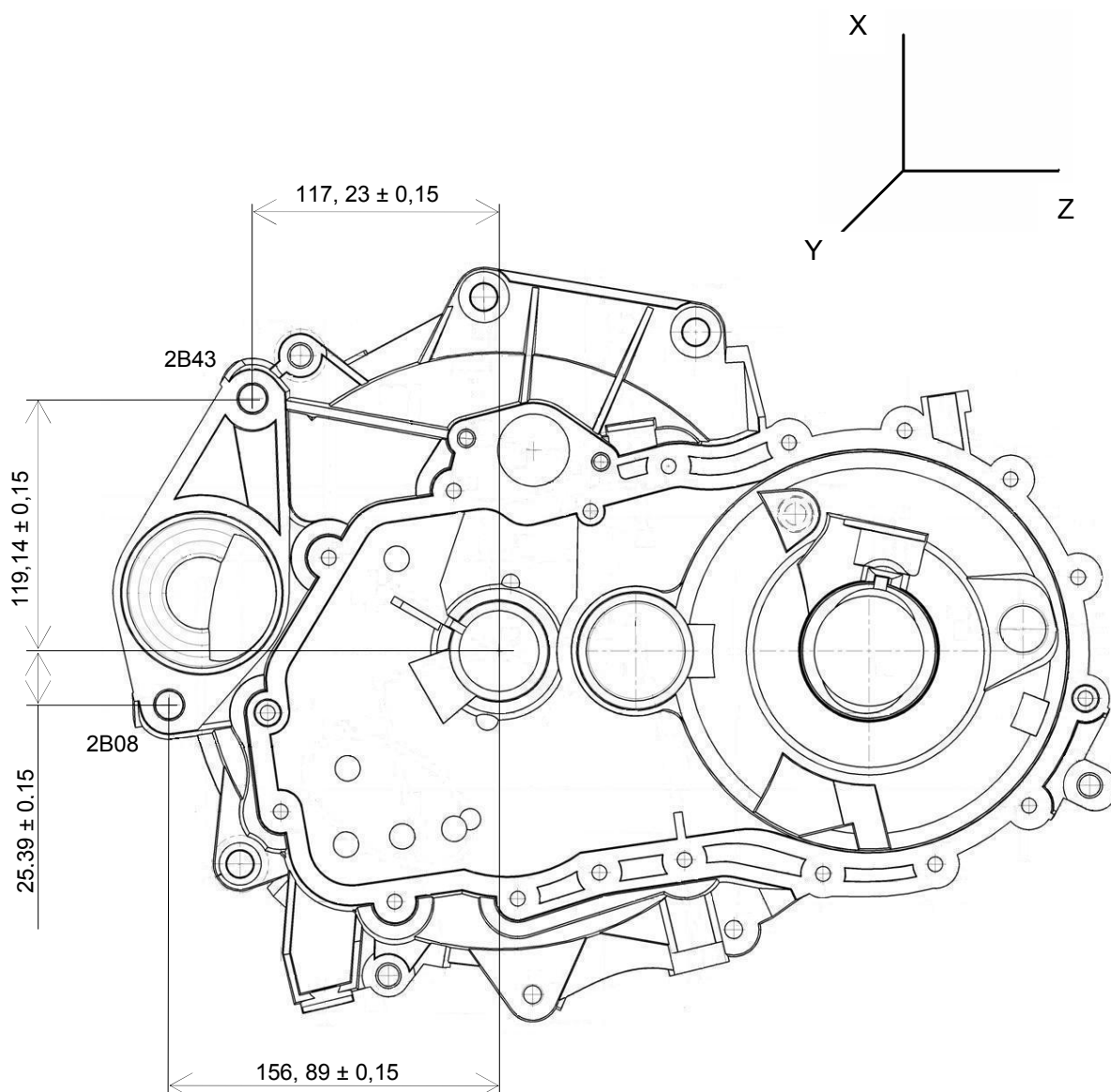
151 KREIS I  
3B43/414 Z -117.2558 117.2300 0.1500 -0.1500 0.0258 +  
3B43/413 X -119.0807 119.1400 0.1500 -0.1500 -0.0593 --  
3B43/415 D 13.2116 13.0000 0.5000 0.0000 0.2116 -  
4P S/MIN/MAX .0034 (1) -.0017 (3) .0017

Tab. 2 Pokračování měřicího protokolu otvorů pro startér



**5. 2. Problém dodržování správné polohy otvoru pro startér na skříni spojky**

Na výkrese jsou znázorněny rozměry poloh obou otvorů pro startér. Jedná se o otvory 2B08 a 2B43.

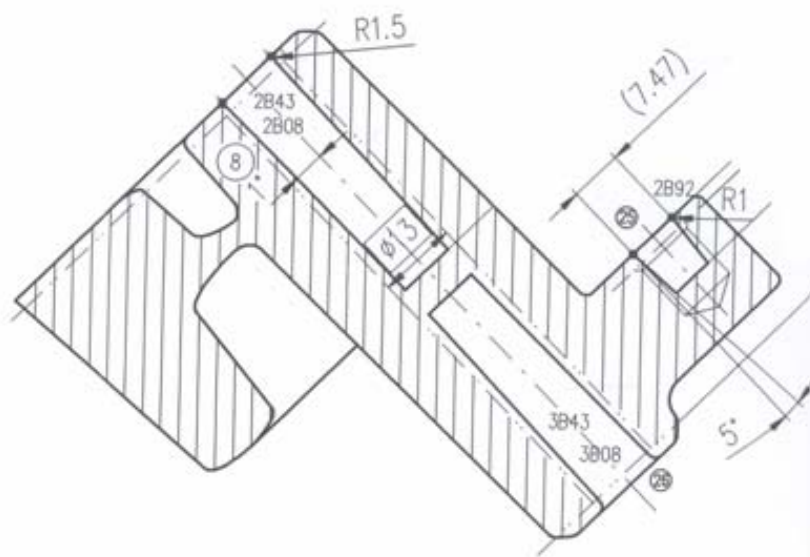


Obr. 26 Skříň spojky s rozměry poloh otvorů 2B08 a 2B43 pro startér

### 5. 2. 1. Původní stav

Otvory pro startér se nejprve předlévají v hutích pomocí jader. Po odlití je jejich přesnost na polohu  $\pm 0,5$  mm. Poté se obrábějí na čisto na vřetenech automatické linky ALFING Synchro. Po opracování mají přesnost na polohu  $\pm 0,15$  mm.

Při předlévání pomocí oboustranných jader nastával problém při následném opracování otvorů vrtáním. Plný materiál, který bylo potřeba provrtat, se nacházel uvnitř otvorů. Vrták tak nevrtal přímo do plného materiálu, ale vstupoval do předem předlitého otvoru, který ho vychyloval nesprávným směrem. Při následném přeměřování bylo zjištěno, že dochází k překračování horních a dolních tolerančních mezí poloh obou otvorů 3B08 a 3B43.



Obr. 27 Původní stav

### 5. 2. 2. Navrhovaný stav

Bylo potřeba vymyslet nový způsob výroby těchto otvorů. Uvažovalo se o tom, že by tyto otvory nemusely být předlévány vůbec. Jejich výroba by se přesunula až na vřetena automatické linky. Vrtalo by se tím do plného materiálu. Od tohoto návrhu se však upustilo kvůli možné porezitě materiálu v oblasti otvorů. Při předlévání otvoru pomocí jader, dojde díky jádru k upěchování materiálu po celé délce stěny předlitého otvoru. Při následném obrábění se ubírá materiál právě z tohoto upěchovaného místa a tím je zajištěna neporéznost materiálu v oblasti otvoru.

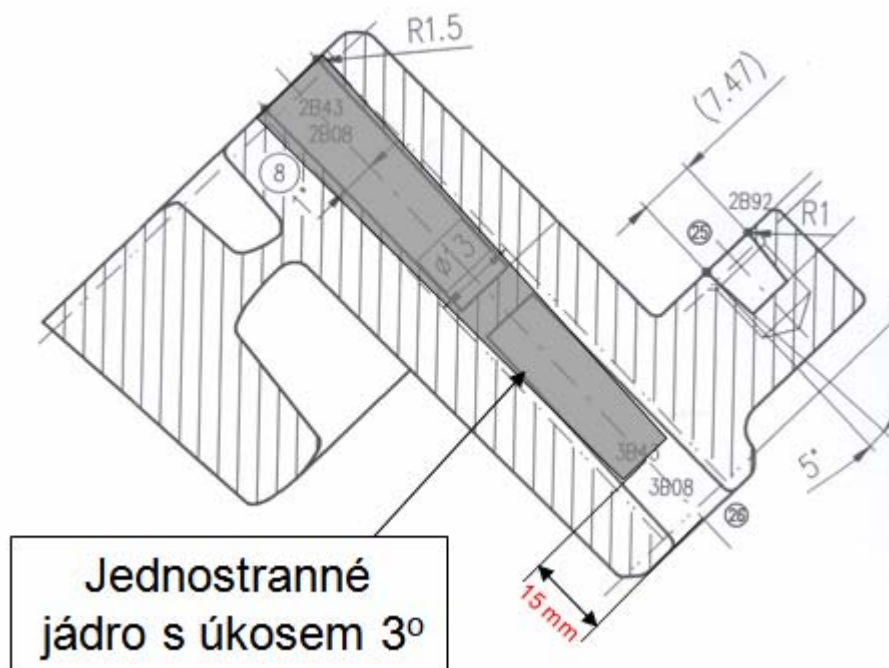
Jisté už tedy bylo, že otvory je potřeba z tohoto důvodu předlévat. Předlévání pomocí oboustranných jader se neosvědčilo. Při tomto způsobu předlévání se při následném obrábění vrták vlivem jeho vstupu do prázdného materiálu vychýlil ze správného směru. Při následném vstupu do plného materiálu ve středu otvoru se sice pevně uchytil, ale nadále vrtal vychýlen o určitý úhel. Z této skutečnosti vyplynulo, že je potřeba plný materiál přemístit ze středu otvoru na okraj otvoru. Tím by se měl obráběcí nástroj pevně uchytit již na počátku obrábění, nemělo by dojít k jeho vychýlení nesprávným směrem a nemělo by docházet k překračování horních a dolních tolerančních mezí poloh obou otvorů.



*Obr. 28 Obráběcí nástroj - vrták*

Pro výrobu otvorů pro startér bylo tedy navrženo předlévání pomocí jednostranných jader. Na základě požadavku na zavedení jednostranných jader startéru, kdy jejich předlévání je pouze ze strany pevného dílu, byly všechny licí

formy pro skříň spojky upraveny na tento způsob. Demontovaná jádra z pohyblivé poloviny formy byla dočasně zaslepena. Viz výkres, který sloužil i pro rozměrovou kontrolu dílů.



Obr. 29 Navrhovaný stav

Ve slévárně byla po dobu zkoušky kontrolována porezita v obou partiích pro průchozí šrouby a údržba forem včetně seřizovačů kontrolovala a zaznamenávala případné problémy, které mohou z použití jednostranných jader vzniknout – zadírání v odlitku, praskání jader... Po dobu zkoušky bylo nutné upravit program pro kontrolu polohy předlitých jader jak v měření, prováděných technickou kontrolou slévárny hliníku, tak na zařízení ZEISS na oddělení GQH. Díly byly odváděny po doby prvního týdne (5 pracovních dní) zkoušky se závěskou, označující odlišný zkouškový díl a paleta byla doplněna o odkaz na vydaný Zkouškový list. V dalším období a to až do ukončení zkoušky, již nebylo nutné díly odlišovat závěskou ani odkazem.

---

Odlitky byly opracovány a kvalita sledována od 6. 12. 2009 do 26. 1. 2010. 100%-ní produkce dílů byla nasazena na 6 vřeten automatické linky Synchron. Během zkoušky z tohoto období bylo rovnoměrně odebráno ze všech vřeten celkem 880 kusů, kde byly změřeny rozteče obou otvorů a průměry.

Hodnocení změny provedly všechny zainteresované útvary s ohledem na kvalitu, spotřebu jader, problémy při odlévání i případné rozměrové odchylky. Sledování chování odlitku při mechanickém opracování postihuje Zkouškový list, vydaný technologií M6.

### **5. 2. 3. Zhodnocení**

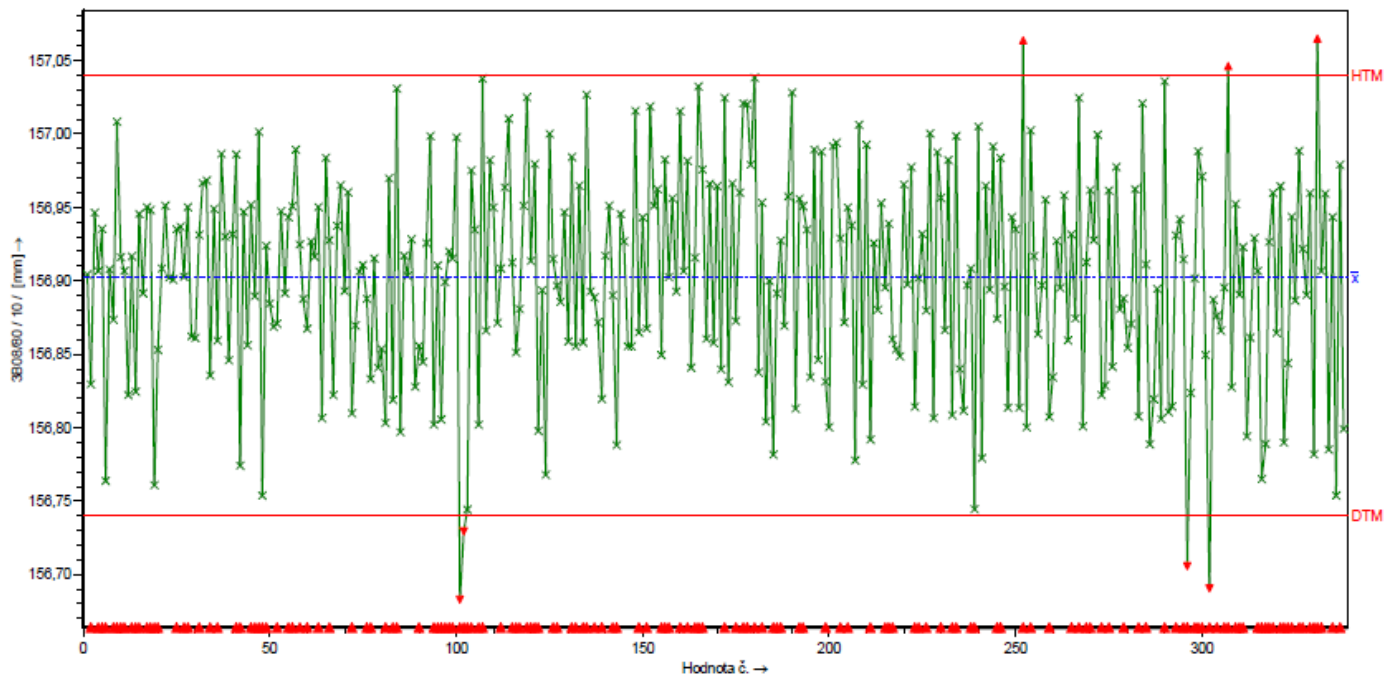
Dne 29. 1. 2010 proběhla schůzka zainteresovaných útvarů. Jednotně bylo konstatováno, že řešení je bezproblémové. Slévárna za období zkoušky nezaznamenala žádný negativní vliv. Obrábění v M6 konstatovalo, že obrábění je bezproblémové, lze zvýšit i plánovanou životnost nástroje, sledované rozměry jsou stabilní a drží se v 75% tolerančního pole. Zkouška, která měla prověřit zlepšení kvality technologické úpravy předlévání otvorů pro startér z jedné strany, tedy potvrdila zlepšení.

Od 2. 2. 2010 byla změněna výrobní dokumentace (odlitkový výkres) a princip byl aplikován na všechny typy skříní spojek 02T.

Bezproblémovost dodržování správné polohy obou otvorů je zřejmá i z následujících grafů. Na každé straně jsou dva grafy, z nichž na jednom jsou znázorněny výsledky měření polohy před opatřením a na druhém po opatření.

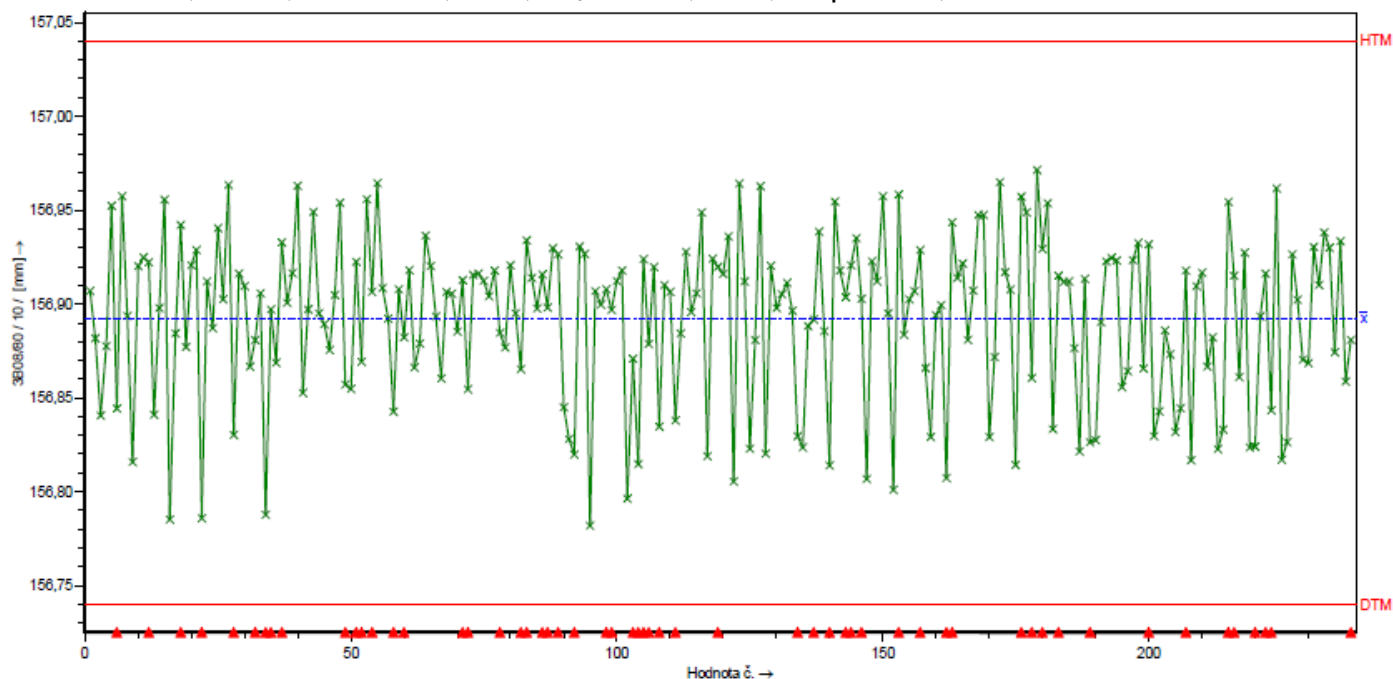
**Poloha pro otvor 3B08 v ose Z**

Před opatřením

 $\bar{x} = 156,90222$ ;  $x_{\min} = 156,6829$ ;  $x_{\max} = 157,0648$ ; rozpětí = 0,3819

Graf 1 Poloha pro otvor 3B08 v ose Z před opatřením

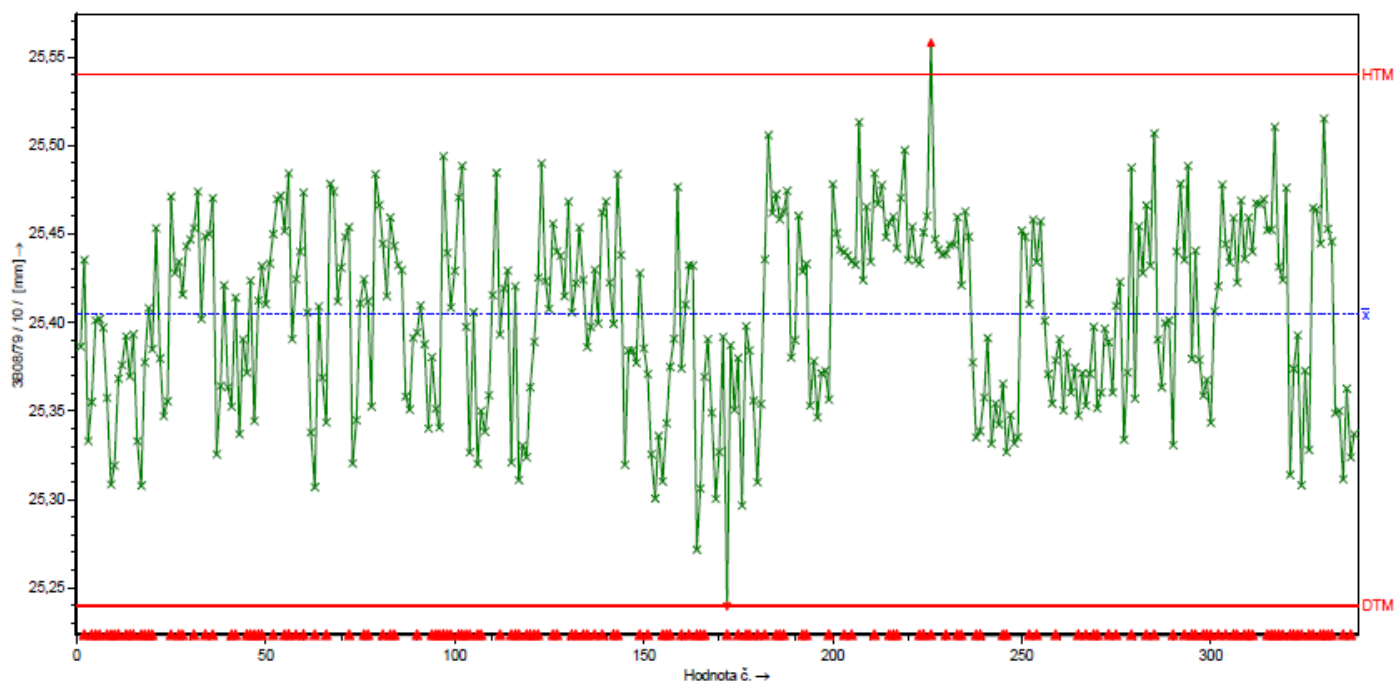
Po opatření

 $\bar{x} = 156,89249$ ;  $x_{\min} = 156,7819$ ;  $x_{\max} = 156,9713$ ; rozpětí = 0,1894

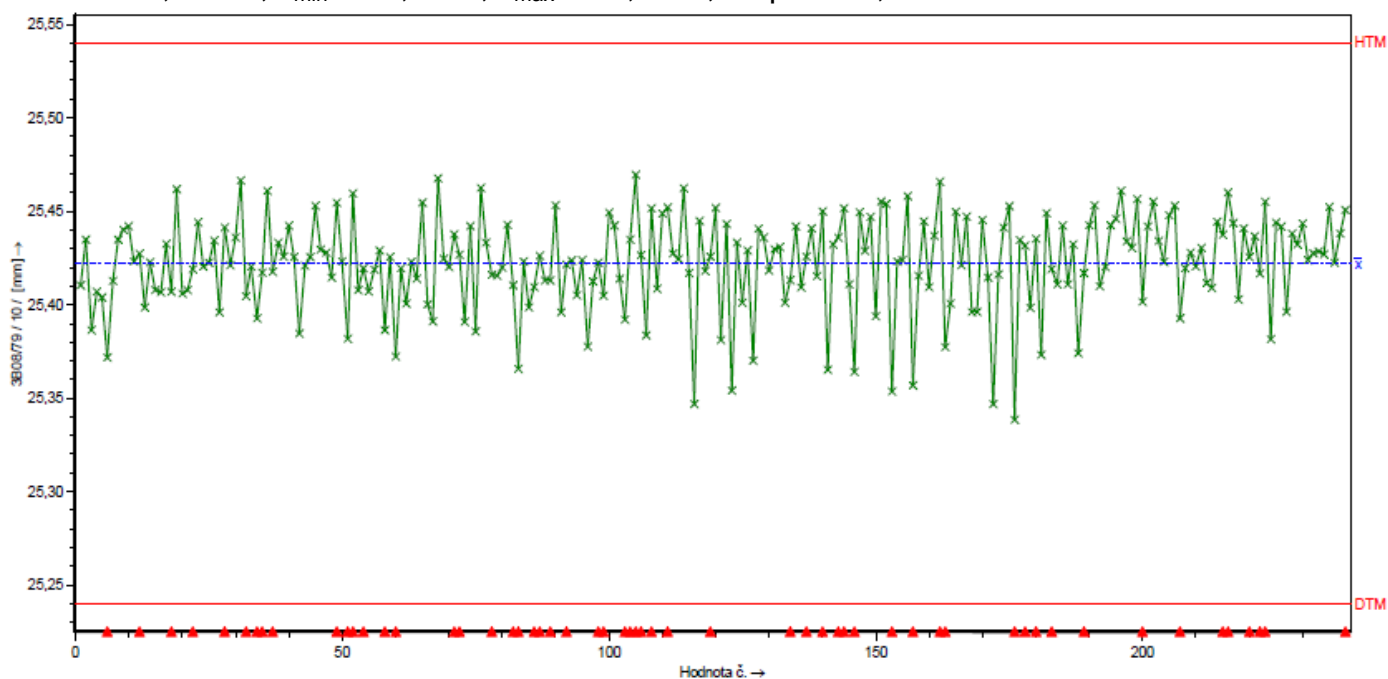
Graf 2 Poloha pro otvor 3B08 v ose Z po opatření

**Poloha pro otvor 3B08 v ose X**

Před opatřením

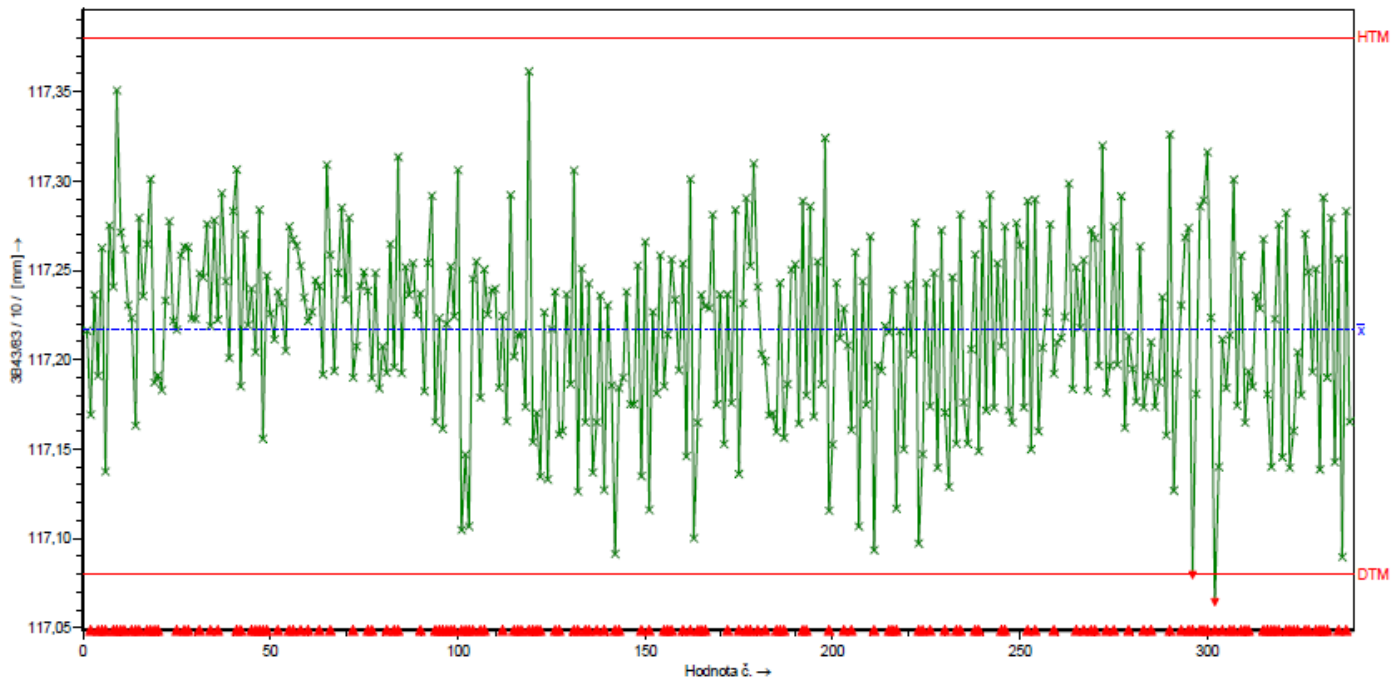
 $\bar{x} = 25,40480$ ;  $x_{\min} = 25,2395$ ;  $x_{\max} = 25,5580$ ; rozpětí = 0,3185*Graf 3 Poloha pro otvor 3B08 v ose X před opatřením*

Po opatření

 $\bar{x} = 25,42224$ ;  $x_{\min} = 25,3385$ ;  $x_{\max} = 25,4695$ ; rozpětí = 0,1310*Graf 4 Poloha pro otvor 3B08 v ose X po opatření*

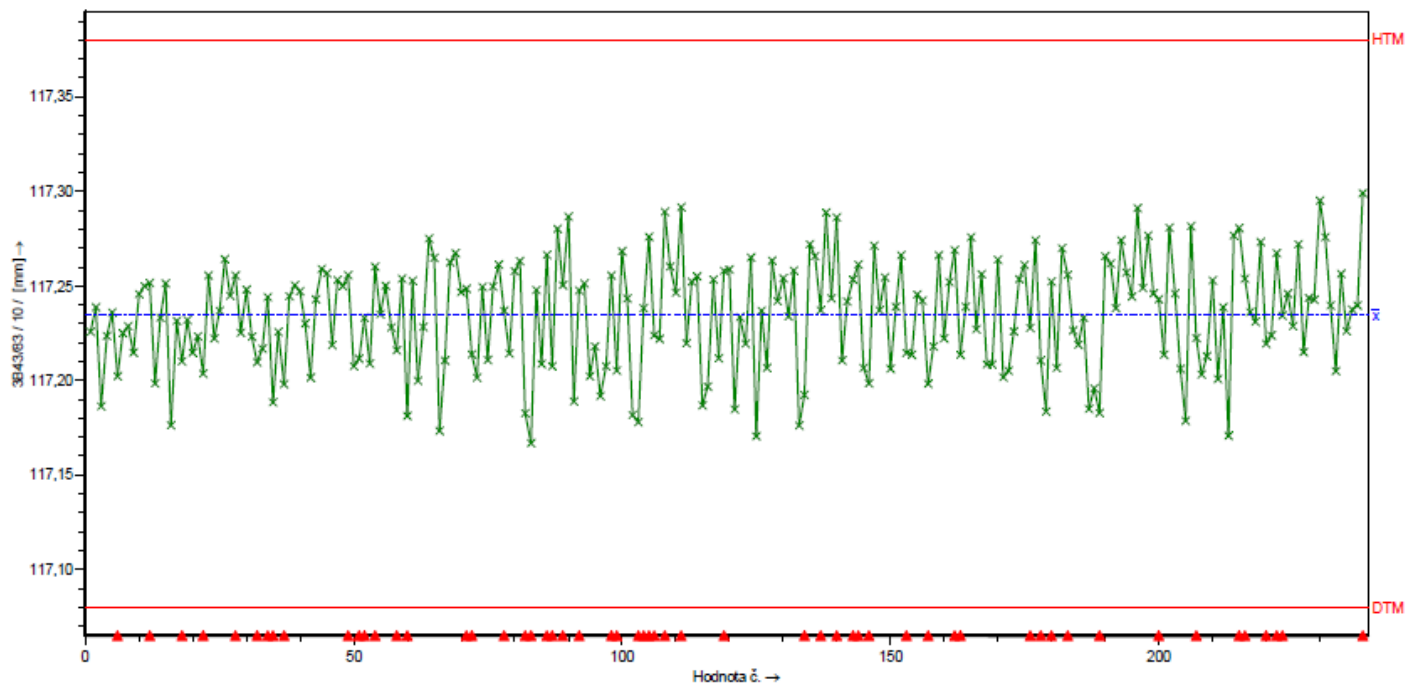
**Poloha pro otvor 3B43 v ose Z**

Před opatřením

 $\bar{x} = 117,21679$ ;  $x_{\min} = 117,0644$ ;  $x_{\max} = 117,3613$ ; rozpětí = 0,2969

Graf 5 Poloha pro otvor 3B43 v ose Z před opatřením

Po opatření

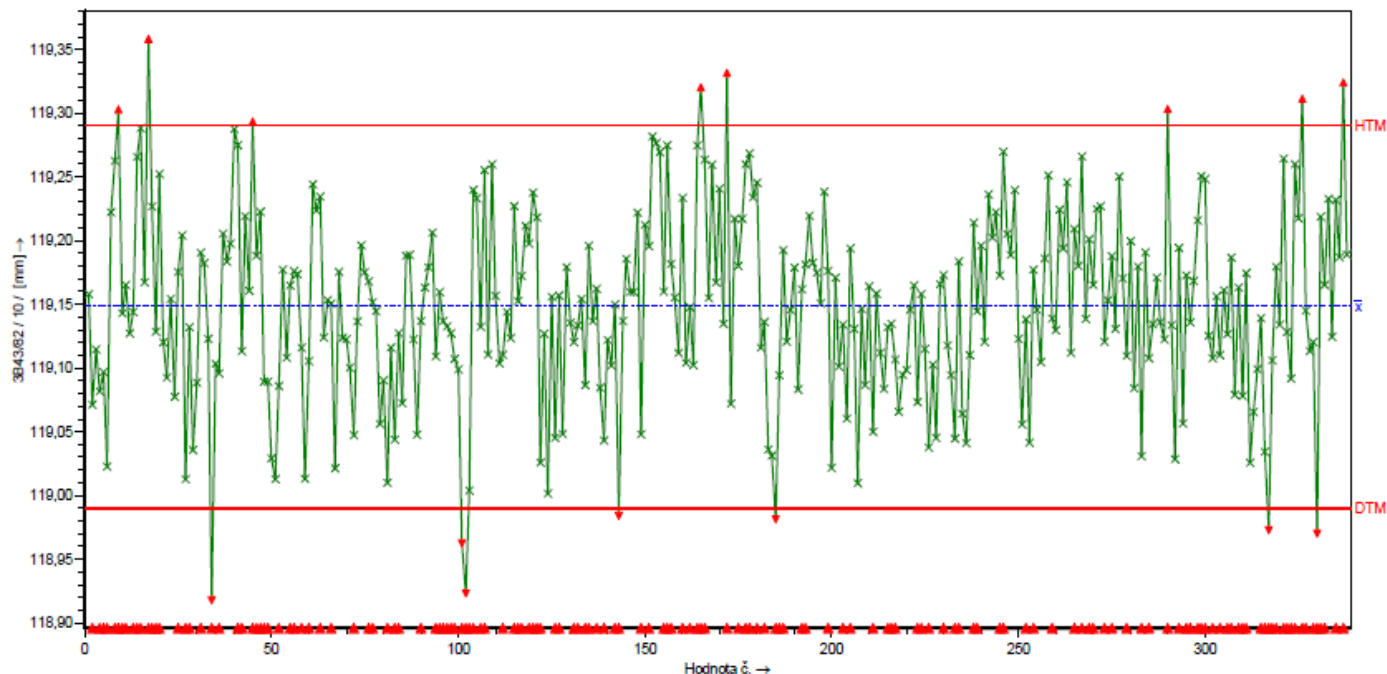
 $\bar{x} = 117,23477$ ;  $x_{\min} = 117,1667$ ;  $x_{\max} = 117,2990$ ; rozpětí = 0,1323

Graf 6 Poloha pro otvor 3B43 v ose Z po opatření

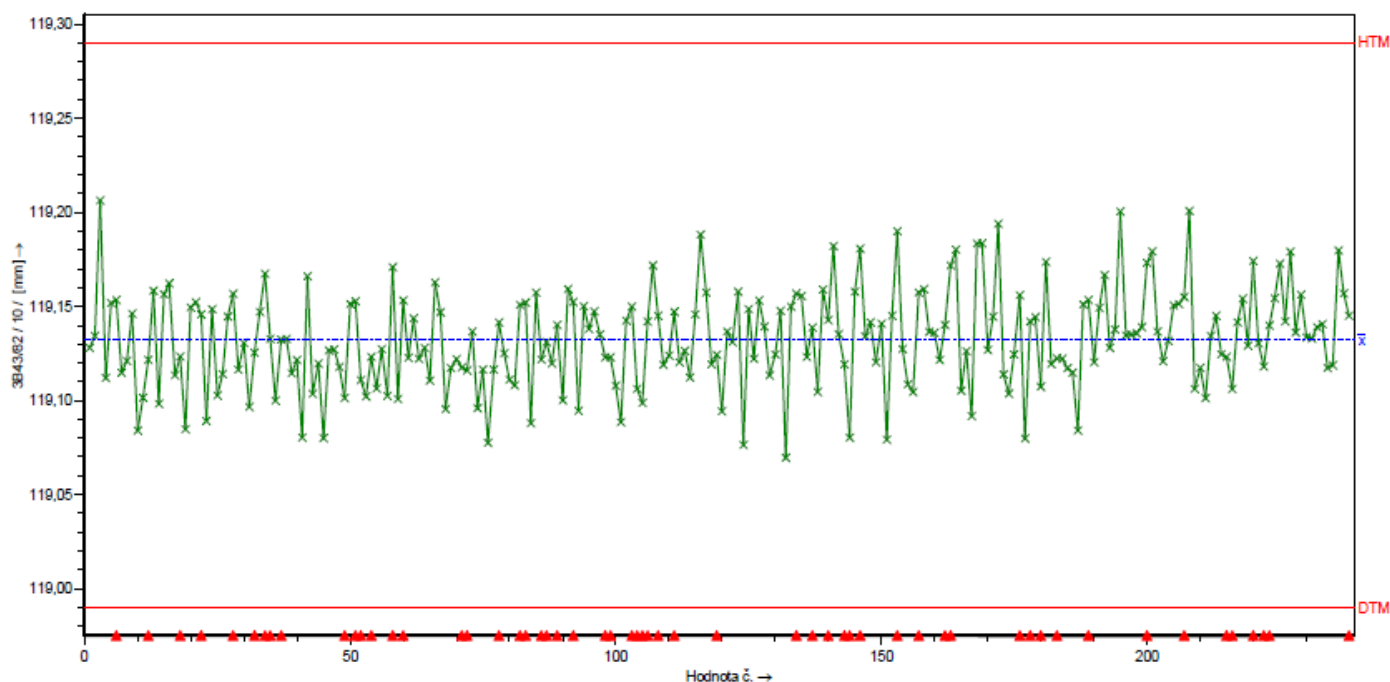


**Poloha pro otvor 3B43 v ose X**

Před opatřením

 $\bar{x} = 119,14840$ ;  $x_{\min} = 118,9179$ ;  $x_{\max} = 119,3580$ ; rozpětí = 0,4401*Graf 7 Poloha pro otvor 3B43 v ose X před opatřením*

Po opatření

 $\bar{x} = 119,13251$ ;  $x_{\min} = 119,0695$ ;  $x_{\max} = 119,2063$ ; rozpětí = 0,1368*Graf 8 Poloha pro otvor 3B43 v ose X po opatření*

**Seznam použité literatury**

- 1.) Králík, J.: 100 let automobilů  
Q and A s. r. o., 2005
- 2.) Souřadnicové měřicí stroje [on line]  
Dostupné na: <http://www.kvs.tul.cz/download/obor/rp1.skripta.pdf>.
- 3.) Firemní literatura  
Dílenská příručka: Nové mechanické převodovky ve Fabii  
Učební pomůcka firmy Škoda auto a. s.
- 4.) Firemní literatura  
Die Welt von Carl Zeiss  
Propagační materiál firmy Carl Zeiss
- 5.) Firemní literatura  
Standardní software UMESS  
Manuál standardního softwaru UMESS

**Seznam příloh**

- 1.) Měřicí protokol – testace doteků 111, 113
- 2.) Výkres skříně spojky 02T

MESSPROTOKOLL ZEISS UMESS

Testace doteku 111,113

CNC-ABLAUF

CISLO VYKRESU | C.STROJE | C.UPINACE | C.OPERACE | C.LINKY  
Spojka

OPERATOR | DATUM | DIL C. | Prismo c.112337,U3=1.7+(L/350)  
1234 | 20. 4.2010 | D15\_200410 |

ADR | NAMEN / BEZ | SY | ISTMASS | NENNMASS | O.TOL | U.TOL | ABW | UEB

20. 4.2010 14 hod 55 min 17. 0sek

3 KUGEL A  
X 444.8029  
Y -973.5843  
Z -404.3315  
D 29.9913  
5P S/MIN/MAX .0001 (4) .0000 (3) .0000

4 NULLPUNKT  
X 444.8029  
Y -973.5843  
Z -404.3315

Vysledek urceni vztazneho snimace

5 KUGEL  
X 0.0000  
Y 0.0000  
Z 0.0000  
D 29.9923  
6P S/MIN/MAX .0001 (3) .0000 (6) .0000

Vysledek kalibrace snimace 2

6 KUGEL  
X 0.7662  
Y 226.9377  
Z 71.4796  
D 2.9998  
30P S/MIN/MAX .0003 (17) -.0005 (1) .0008

Vysledek kalibrace snimace 3

7 KUGEL  
X 184.0708  
Y -0.5773  
Z 70.8655  
D 5.0001  
30P S/MIN/MAX .0002 (24) -.0004 (10) .0004

Vysledek kalibrace snimace 1

8 KUGEL  
X 31.8561  
Y -179.5572  
Z 57.4415  
D 2.4995

30P S/MIN/MAX .0001 (25) -.0004 (29) .0003

Vysledek kalibrace snimace 4

9 KUGEL  
X -0.9602  
Y -218.3409  
Z 71.1237  
D 2.9993

28P S/MIN/MAX .0001 (17) -.0002 (27) .0002

Vysledek kalibrace snimace 5

10 KUGEL  
X -162.2141  
Y 0.0264  
Z 72.1686  
D 2.9995

28P S/MIN/MAX .0001 (2) -.0002 (18) .0002

konfigurace = 111

Kol.c.	souradnice	polomer	sil	tepl.	datum	rozptylPD
1 1	31.8561 -179.5572 57.4415	1.2498	.20	.0	20. 4.2010	.0001 --+
1 2	.7662 226.9377 71.4796	1.4999	.20	.0	20. 4.2010	.0003 --+
1 3	184.0708 -.5773 70.8655	2.5001	.20	.0	20. 4.2010	.0002 --+
1 4	-.9602 -218.3409 71.1237	1.4996	.20	.0	20. 4.2010	.0001 --+
1 5	-162.2141 .0264 72.1686	1.4997	.20	.0	20. 4.2010	.0001 --+

11 KUGEL A  
X -0.0001  
Y 0.0012  
Z -0.0007  
D 29.9918

5P S/MIN/MAX .0001 (2) -.0001 (5) .0001

12 KUGEL A  
X 0.0001  
Y 0.0004  
Z -0.0004  
D 29.9917

5P S/MIN/MAX .0001 (5) .0000 (4) .0000

13 DISTANZ ( 11) | ( 12)

K	X	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
K	Y	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0009
K	Z	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003

Vysledek kalibrace snimace 4

14 KUGEL  
X 0.2953  
Y -199.8796  
Z 71.2904  
D 2.0008

28P S/MIN/MAX .0002 (23) -.0003 (5) .0003

Vysledek kalibrace snimace 5

15 KUGEL  
X -14.8077  
Y 225.4767  
Z 71.8258  
D 1.0010

28P S/MIN/MAX .0002 (2) -.0004 (24) .0004

Vysledek kalibrace snimace 3

16 KUGEL  
X 14.8561  
Y 225.2435  
Z 71.5200  
D 1.0015

30P S/MIN/MAX .0002 (5) -.0004 (26) .0004

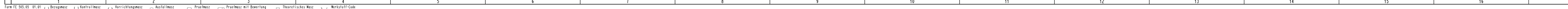
konfigurace = 113

Kol.c.	souradnice	polomer	sil	tepl.	datum	rozptyl	PD
1 3	14.8561 225.2435 71.5200	.5008	.20	.0	20. 4.2010	.0002	--+
1 4	.2953 -199.8796 71.2904	1.0004	.20	.0	20. 4.2010	.0002	--+
1 5	-14.8077 225.4767 71.8258	.5005	.20	.0	20. 4.2010	.0002	--+

Testace vyhovuje			Podpis:
Test I.O.			Unterschrift:.....

CNC - ENDE





---